

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Zur Frage des Begleitschattens im Röntgenbild der Brustwirbelsäule

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Helmut von Kaehne
aus Potsdam

Marburg 1966

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Aus der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/Lahn

Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Zur Frage des Begleitschattens im Röntgenbild der Brustwirbelsäule

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Helmut von Kaehne

aus Potsdam

Marburg 1966

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 29.11.1966
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan: Prof. Dr. med. et med. dent. H. Heuser
Referent: Prof. Dr. med. H. J. Süß
Correferent: Prof. Dr. med. G. Exner

	<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
1.	Einleitung	3
1.1.	Der sogenannte Begleitschatten der Brustwirbelsäule	3
1.2.	Anlaß der Untersuchungen	3
2.	Die Röntgensymptomatik des Begleitschattens der Brustwirbelsäule	4
3.	Die Häufigkeit des Begleitschattens	8
4.	Die bisherigen Deutungen des Begleitschattens	13
5.	Anatomie und Topographie der Brustwirbelsäule	24
5.1.	Der Aufbau der Brustwirbelsäule und ihre Bänder	25
5.2.	Die arterielle Gefäßtopographie im Bereich der Brustwirbelsäule	25
5.2.1.	Die Röntgensymptomatik der Aortographie	28
5.3.	Die venöse Gefäßtopographie im Bereich der Brustwirbelsäule	30
5.3.1.	Die Plexus venosi	30
5.3.2.	Das Azygossystem	32
5.3.3.	Die venösen Plexus als Metastasierungswege	35
5.4.	Das Lymphsystem im Bereich der Brustwirbel- säule	39
5.5.	Die Topographie des Truncus sympathicus	41
5.6.	Die Topographie der Pleura	41
5.7.	Die topographischen Seitenunterschiede im Bereich der Brustwirbelsäule	45
6.	Eigene Untersuchungen	48
6.1.	Das Material an Brustwirbelsäulenaufnahmen	48
6.2.	Methoden der Untersuchung	50
6.3.	Befunde	50

6.4.	Experimentelle Untersuchungen	58
6.4.1.	Untersuchung von PA- und AP-Aufnahmen der Brustwirbelsäule	59
6.4.2.	Schichtaufnahmen der Brustwirbelsäule	63
6.4.3.	Venographische Untersuchungen	66
7.	Besprechung der Ergebnisse	68
8.	Zusammenfassung	74
9.	Schrifttum	77

1. Einleitung

1. 1. Der sogenannte Begleitschatten der Brustwirbelsäule

Bei dem Begleitschatten der Wirbelsäule handelt es sich um zwei im Röntgenbild der Brustwirbelsäule häufig sichtbare scharf begrenzte Schattenstreifen, die rechts und links neben den Wirbelkörpern der Brustwirbelsäule verlaufen. Man findet sie auf AP-Aufnahmen der Brustwirbelsäule und muß sie abgrenzen gegen Schatten, die in den paravertebralen Raum projiziert werden, z.B. Schatten von Mediastinalprozessen, weiterhin gegen Schattenbildungen bei spondylitischen Abszessen und gegen den Aortenschatten, der von manchen Autoren ebenfalls zu den Begleitschatten der Brustwirbelsäule gerechnet wird.

Obwohl der sogenannte Begleitschatten der Brustwirbelsäule röntgenologisch so häufig erkennbar ist, hat er dennoch relativ wenig Beachtung gefunden. Die bislangvorliegenden Untersuchungen und Ergebnisse führten zu sehr unterschiedlichen Deutungen, von denen bisher keine völlig befriedigen kann.

1. 2. Anlaß der Untersuchung

Bei der Betrachtung von Brustwirbelsäulenaufnahmen krebsskranker Patienten fielen in der Universitäts-Strahlenklinik Marburg/L. mehrfach Veränderungen dieser sonst scharf begrenzten Schattenstreifen auf, ohne daß zunächst verdächtige Veränderungen an den Wirbelkörpern beobachtet werden konnten. Der Begleitschatten schien in diesen Fällen verbreitert zu sein; in anderen Fällen wurden ohne erkennbare Ursache auftretende umschriebene Auftreibungen des Begleitschattens beobachtet. Es entstand dadurch der Verdacht, daß zwischen dem Auftreten dieser Veränderungen des Begleitschattens und dem späteren Sichtbarwerden maligner Prozesse in den Wirbelkörpern ein Zusammenhang bestehen könnte.

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war es zu prüfen, ob ein derartiger Zusammenhang tatsächlich besteht. Ließe sich ein solcher Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Veränderungen am Begleitschatten und der Entwicklung eines malignen Prozesses in einem Wirbelkörper der Brustwirbelsäule nachweisen, so könnte das von Bedeutung für eine Frühdiagnostik von Tumoren oder Metastasen an der Brustwirbelsäule sein, da auf der AP-Aufnahme der Wirbelsäule Strukturveränderungen des Wirbelkörpers sich erst ab etwa 1-1,5 cm Durchmesser nachweisen lassen (Köhler(29), Schmorl(41)).

2. Die Röntgensymptomatik des Begleitschattens der Brustwirbelsäule

Den Begleitschatten der Wirbelsäule findet man auf AP-Aufnahmen der Brustwirbelsäule. Es handelt sich um zwei scharf begrenzte Schattenstreifen, die rechts und links der Brustwirbelsäule sichtbar sind. Er ist links häufiger als rechts zu finden und ist in seiner charakteristischen Ausdehnung fast nur auf der linken Seite zu sehen. Meist von der Gegend des Arcus aortae ausgehend (etwa D III - D IV) zieht er herab bis zum Zwerchfell. Auf den Wirbelsäulenaufnahmen, die in Expirationsstellung der Lungen angefertigt werden, sieht man ihn an seinem caudalen Ende bogenförmig in das Zwerchfell

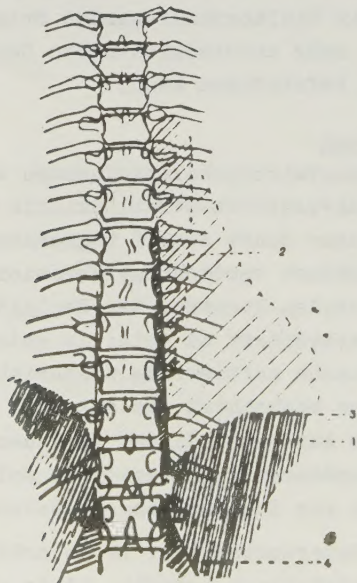


FIG. 1.

Abb. 1

Schematische Darstellung des Begleitschattens im Röntgenbild der Brustwirbelsäule (aus Sarrouy (40))

1 = linker Begleitschatten der Brustwirbelsäule
2 = Aortenschatten, 3 = Zwerchfell, 4 = Psoasschatten

übergehen. Dieser Bogen stellt den Übergang der Pleura vertebralis in die Pleura diaphragmatica dar, die zusammen mit den Crura mediales diaphragmatis den Sinus phrenicoparavertebralis bilden. Häufig scheint der Schatten noch unterhalb dieses Sinus weiter zu laufen. Das beruht jedoch auf einer optischen Täuschung.



Abb. 2
Begleitschatten
der Wirbelsäule
bei Expiration (→)

Nach Untersuchungen von Bársony und Koppenstein, die die Verhältnisse im Röntgenbild untersucht haben, handelt es sich bei diesen Schatten um Abbildungen der Crura intermedia der Pars lumbalis des Zwerchfells. Nach ihren Angaben entspringen die Crura intermedia an der Seitenfläche des zweiten Lendenwirbels. Auf der Sagittalaufnahme erkennt man die Crura erst oberhalb des Psoasschattens. Die Crura intermedia liegen der Wirbelsäule als schmale Streifen bis zur Mitte des 11. Brustwirbelkörpers an und gehen dann

seitlich nach rechts und links unter Bildung der beiden Sinus phrenicocostales in das Zwerchfell über.



Abb. 3

Begleitschatten der
Wirbelsäule und Sinus
phrenicoparavertebralis
nach Bársony und
Koppenstein (4).

SP = Sinus phrenico-
paravertebralis

→ = Crus intermedium
diaphragmatis

o→ = Psoasschatten

Bei der Aufnahme in Inspirationsstellung der Lunge sieht man im Sinus phrenicocostalis medial eine zarte schleierartige Verschattung, die von der angespannten Umschlagstelle der Pleura und den Crura mediales herrührt. Der Schatten endet in Höhe des Übergangs D X/XI. Er verliert sich dort in dem Wirbelsäulenschatten, wo er auch meist mit dem Aortenschatten zusammenfällt (Reske (39)).

Nach Pitzen soll der Begleitschatten der Wirbelsäule nie die Querfortsätze überschreiten. Reske (39) berichtet je-

doch, daß er bei Skoliosen Schatten von erheblicher Breite beobachtete, die über die Querfortsatzlinie hinausgingen, und die mitunter wie eine in dem konkaven Teil des Bogens gespannte Sehne wirkten.

In seltenen Fällen findet man Schattenstreifen, die cranial über den Aortenbogen hinausgehen.

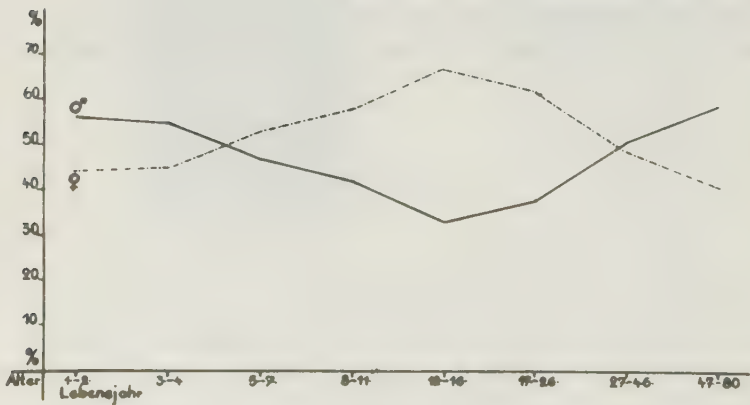
Der Begleitschatten der rechten Seite ist meist kürzer als der der linken Seite. Er reicht in der Mehrzahl der Fälle nur über 3 bis 4 Wirbel und beginnt unmittelbar oberhalb der Pleuraumschlagstelle des rechten Zwerchfellwinkels (Reske (39)).

Verschiedentlich wird der Aortenschatten auch zu den paravertebralen Begleitschatten der Wirbelsäule gerechnet, läßt sich aber meist von diesen trennen, da sie sich durch eine glatte und scharfe Begrenzung auszeichnen, während sich der Aortenschatten dank der Aortenpulsation viel weicher und auch unscharf auf dem Röntgenbild abzeichnet.

3. Die Häufigkeit des Begleitschattens

Die Häufigkeit des Begleitschattens im Röntgenbild der Wirbelsäule hat Schüling an Hand von Aufnahmen der orthopädischen Universitätskliniken in Münster eingehend untersucht (43). Aus dieser Arbeit sind die folgenden Zahlenangaben und Kurven entnommen. Verwendet wurden zu dieser Arbeit 3 000 AP-Wirbelsäulenaufnahmen. Nicht verwertet wurden Aufnahmen von Patienten mit Spondylitis und Tumormetastasen in der Brustwirbelsäule, da diese Aufnahmen durch Abszeßschwarten und Pleuraveränderungen unübersichtlich und deshalb für eine korrekte Beurteilung des Begleitschattens nicht geeignet gewesen wären.

Die nachstehend angeführten Abbildungen 4 und 5 geben eine Aufschlüsselung der Befunde hinsichtlich Alter und Geschlecht.



		A l t e r i n L e b e n s j a h r e n							
		1.-2.	3.-4.	5.-7.	8.-11.	12.-16.	17.-26.	27.-46.	47.-80.
insges.		137	98	129	211	429	585	885	526
Männer		77 = 56%	54 = 55%	61 = 47%	88 = 42%	143 = 33%	224 = 38%	454 = 51%	311 = 59%
Frauen		60 = 44%	44 = 45%	68 = 53%	123 = 58%	286 = 67%	361 = 62%	431 = 49%	215 = 41%

Abb. 5 Alters- und Geschlechtsverteilung bei 3 000 ausgewerteten Brustwirbelsäulenaufnahmen (nach Schüling (43))

Es fand sich eine stark altersabhängige Verteilung des Auftretens des Begleitschattens der Brustwirbelsäule. Seine Häufigkeit nimmt bis zum 17.-26.Lebensjahr zu mit einem Maximum von 88 % bei Männern und 87 % bei Frauen, um später auf 81 - 82 % bei Männern und auf 76 - 77 % bei Frauen abzusinken. Die prozentuale Verteilung auf die Geschlechter ist in den Gruppen mit und ohne Begleitschatten ähnlich. Geringe Unterschiede ergeben sich in den Altersgruppen 3.-4., 8.-11. und 27.-46. Lebensjahre.

Sonst sind die errechneten Zahlen für männliche und weibliche Patienten annähernd gleich groß (Abb.6 und 7).

		A l t e r i n L e b e n s j a h r e n							
		1.-2.	3.-4.	5.-7.	8.-11.	12.-16.	17.-26.	27.-46.	47.-80
insges.		137	98	129	211	429	585	885	526
=====									
mit pvs		15	28	48	125	364	512	699	420
		9 = 12%	13 = 24%	22 = 36%	56 = 63%	122 = 85%	198 = 88%	371 = 82%	253 = 81%
		6 = 10%	15 = 34%	26 = 38%	69 = 56%	242 = 84%	314 = 87%	328 = 76%	167 = 77%
ohne pvs		122	70	81	86	65	73	186	106
		68 = 88%	41 = 76%	39 = 64%	32 = 37%	21 = 15%	26 = 12%	83 = 18%	58 = 19%
		54 = 90%	29 = 66%	42 = 62%	54 = 44%	44 = 16%	47 = 13%	103 = 24%	48 = 23%

Abb. 6 Prozentuale Verteilung nach Geschlecht und Auftreten des Wirbelsäulenbegleitschattens (nach Schüling (43))

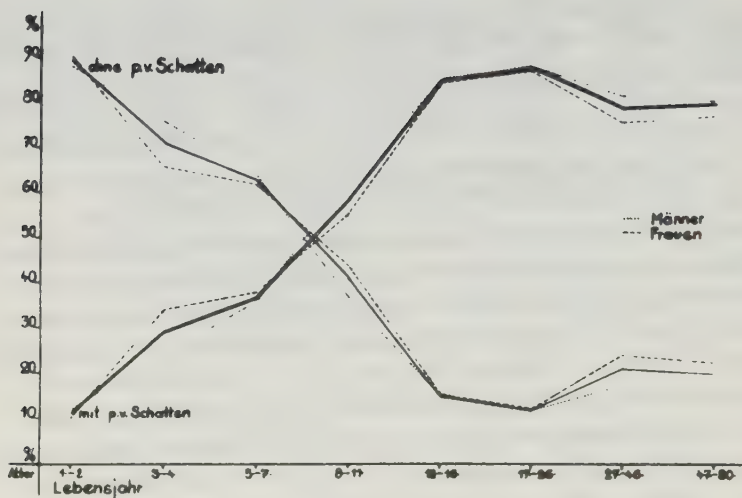


Abb. 7 (nach Schüling (43)) Darstellung der Prozentzahlen für beide Geschlechter in den Gruppen mit und ohne Begleitschatten der Wirbelsäule. Ausgezogene Linie gleich Kurve der errechneten mittleren Prozentzahlen (s. Abb.8)

	Alter in Lebensjahren							
	1.-2.	3.-4.	5.-7.	8.-11.	12.-16.	17.-26.	27.-46.	47.-80.
insges.	137	98	129	211	429	585	885	526
mit pvS	15 = 11%	28 = 29%	48 = 37%	125 = 59%	364 = 85%	512 = 88%	699 = 79%	420 = 80%
ohne pvS	122 = 89%	70 = 71%	81 = 63%	86 = 41%	65 = 15%	73 = 12%	186 = 21%	106 = 20%

Abb.8 (nach Schüling (43)) Prozentuale Verteilung des Schattens auf alle Untersuchten

Die Tabelle auf Abbildung 9 zeigt die prozentuale Aufschlüsselung der Seitenverteilung des Schattens. Man findet einseitig rechts- oder linksseitiges Auftreten des Schattens, sowie beidseitiges Auftreten.

		A l t e r i n L e b e n s j a h r e n								insg.
		1.-2.	3.-4.	5.-7.	8.-11.	12.-16.	17.-26.	27.-46.	47.-80.	
mit										
pvS		15	28	48	125	364	512	699	420	2211
L		14 = 93,3%	26 = 92,8%	46 = 95,8%	96 = 76,8%	296 = 81,3%	395 = 77,2%	564 = 80,7%	399 = 80,5%	80,3%
B		-	1 = 3,6%	-	14 = 11,2%	52 = 14,3%	94 = 18,3%	110 = 15,7%	69 = 16,4%	15,4%
R		1 = 6,7%	1 = 3,6%	2 = 4,2%	15 = 12,0%	16 = 4,4%	23 = 4,5%	25 = 3,6%	12 = 2,9%	4,3%

Abb. 9 (nach Schüling (43)). Seitenverteilung des Schattens.
Angaben in %.

Diese werden weiter aufgeschlüsselt nach ihrer Länge und Breite.

R	95
RaD	72 = 75,8%
TbD	15 = 15,8%
RaQ	3 = 3,1%
RbQ	5 = 5,3%

B	340
BaD	168 = 49,4%
BbD	120 = 35,4%
BaQ	8 = 2,3%
BbQ	44 = 12,9%

L	1776
LeD	9 = 0,5%
LeQ	45 = 2,5%
LbD	569 = 32%
LbQ	367 = 20,7%
LbQ	107 = 6%
LbQ	679 = 38,3%

Abb.10 (nach Schüling (43)).

Aufschlüsselung der Schatten nach ihrer Länge und Breite.

- L = pvS links der Brustwirbelsäule
R = pvS rechts der Brustwirbelsäule
B = pvS beids. der Brustwirbelsäule
D = unmittelbar neben der Wirbelkörperreihe laufend
Q = über die seitliche Hälfte der Querfortsätze hinziehend
oder breiter
a = vom Zwerchfell bis zu vier Rippen überspannend
b = vom Zwerchfell bis zum 3. bzw. 4. BWK reichend
e = vom Zwerchfell bis in die Lungenspitze hochziehend

Aus den von Schüling (43) angegebenen Zahlen läßt sich er-
sehen, daß über 80 % aller Erwachsenen (83 % der Männer und
80 % der Frauen) einen Begleitschatten der Brustwirbelsäule
aufweisen. Bevorzugt ist der linksseitige Schatten, der in
83 % der Fälle auftritt und in der Mehrzahl der Fälle vom
Zwerchfell bis zum 4. bzw. 3. Brustwirbelkörper reicht. Es
folgen beiderseitige Schatten in 15,4 % der Fälle und in

4,3 % der Fälle isolierte rechtsseitige Begleitschatten. Bevorzugt sind Schatten, die vom Zwerchfell ausgehend bis zu 4 Rippen überspannen.

Es bestehen nur geringe Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens der Schatten bei Männern und Frauen. Von der Gruppe der 27jährigen an sind die Werte annähernd konstant.

Bei der Beurteilung dieser Befunde ist jedoch zu beachten, daß sie an Patienten erhoben wurden, die wegen Beschwerden im Bereich der Wirbelsäule den Orthopäden aufgesucht haben, und so bereits eine Auslese darstellen.

4. Die bisherigen Deutungen des Begleitschattens

Die erste Erwähnung des Begleitschattens im Röntgenbild der Brustwirbelsäule fanden wir 1918 bei KANKELEIT (26), der ihn zunächst für den Ausdruck eines spondylitischen Abszesses hielt. Da er bei der Sektion seines Falles jedoch kein pathologisches Substrat fand, das eine Erklärung des Schattens hätte geben können, nahm er zunächst eine optische Täuschung an, ähnlich den MACHschen Streifen, hervorgerufen durch unterschiedliche Absorption der Röntgenstrahlen an den verschiedenen dichten Medien im Thorax. Später revidierte er jedoch seine Ansicht und hielt wirkliche Gewebsveränderungen für die Ursache des Schattens, ohne jedoch eine Erklärung für die Entstehung geben zu können.

PITZEN (36) wies bei der Beschreibung der Abszeßschatten der Spondylitis darauf hin, daß diese vom Begleitschatten der Wirbelsäule zu trennen wären. KREMER und WIESE nahmen an, daß der Schatten durch Bänder hervorgerufen würde (nach Reske (39)).

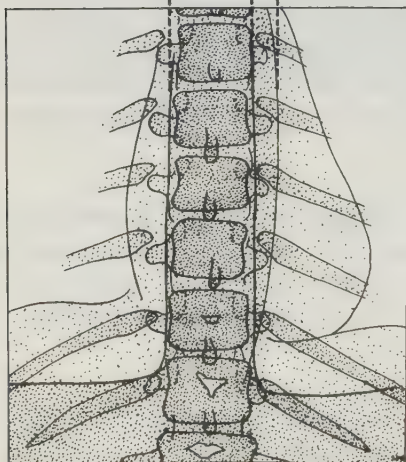
Für mitverantwortlich bei der Ausbildung des Schattens hält GÜNTZ (21) das Gefäßband, das vor den unteren Teil der Brustwirbelsäule herabzieht. Er schreibt: "Diese Schatten werden nun sehr häufig gesehen, treten bisweilen sehr stark hervor, daß sie beinahe wie Abszeßschatten imponieren. Ein pathologischer Befund ist das nicht (KANKELEIT). Es entspricht dies den parallelen Schatten, die als Röntgenbegleitschatten besonders deutlich an Rippen und Schlüsselbein sichtbar zu sein pflegen, vielleicht unterstützt durch das Gefäßband, welches vor dem unteren Teil der Brustwirbelsäule herabzieht."

In seinem Buch "Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde" von 1939 erklärt KÖHLER den Schatten mit den von Podkaminsky beschriebenen retrokardialen Schwarten (zit. Reske (39)).



Abb. 11

Oben: Querschnitt in Höhe D VIII durch das hintere Mediastinum



Unten: Zeichnung nach einem Röntgenbild, das hintere Teile von visceraler und/oder parietaler Pleura als Begleitlinien der Wirbelsäule zeigt (aus LACHMANN (30)).

In einer Arbeit über die hinteren Pleuragrenzen gibt LACHMANN (30) an, daß man den Lungenschatten innerhalb des Trachealschattens vor der Wirbelsäule erkennen kann. Unterhalb der Bifurcatio tracheae seien die medialen Lungen- und Pleuragrenzen über mehrere Wirbel hinweg nicht mehr zu erkennen. In der unteren Thoraxregion träten sie jedoch häufig wieder auf, öfter links als rechts, als lineare, longitudinale Schatten, die parallel, dicht neben der Seitenkante der Wirbelsäule herab zum Umschlag am Zwerchfell verliefen. Diese Linien entsprächen posterioren Anteilen von visceraler und/oder parietaler Pleura, die tangential vom Röntgenstrahl getroffen worden sind und sich gegen die angrenzende lufthaltige Lungenregion abheben. Das häufige Fehlen dieser Pleuraschatten auf korrekt belichteten Röntgenbildern beruhe darauf, daß nur ein klei-

ner Teil der Pleura genau parallel zum Zentralstrahl läge. Ihre Dichte reiche dann nicht aus, um sie auf dem Film abzubilden.

In der Legende zum Bild einer Spondylarthrose erklärt LIECHTI (33) einen sichtbaren Begleitschatten mit einer lateralen Verlagerung der paravertebralen Weichteile durch die Randwülste.

Nach KÖHLER-ZIMMER (29), der sich auf SARROUY beruft, handelt es sich um das laterale Längsband der Wirbelsäule, das diesen Schattenstreifen, der sich beiderseits der Wirbelsäule anschmiegt, erzeugt, und sich z.B. bei Tuberkulose spindelförmig weitert. Daß dieses Schattenband links gewöhnlich breiter als rechts ist, wird durch Überschatung durch andere Weichteile erklärt.

1948 beschreibt SARROUY (40) den Begleitschatten der Brustwirbelsäule und berichtet, daß man gewöhnlich auf Röntgenbildern der Brustwirbelsäule einen streifenförmigen Schatten beobachten könne, der links neben der Abbildung der Wirbelsäule verläuft.

Nach seinen Angaben ist der Schatten einige Millimeter breit. Der freie Rand ist scharf und geradlinig. Falls eine Skoliose besteht, so folgt er genau der Krümmung der Wirbelsäule. Cranial verliert sich der Schatten schmaler werdend in Höhe von D VI im Aortenschatten, während er caudal bis D XI oder D XII reicht, wo er im spitzen Winkel umschlagend, sich auf der Zwerchfellkuppel fortsetzt. Auf der rechten Seite findet man den Schatten seltener. Außerdem ist er dort schmaler und kürzer.

Die Gründe für das unterschiedliche Verhalten könne man an einem Thoraxquerschnitt, z.B. in Höhe D VIII, erkennen. Man sieht dort, daß der hintere Teil der Facies mediastinalis der linken Lunge eine genau anteroposteriore Richtung hat, während der entsprechende Teil der rechten Lunge schräg nach vorn und nach hinten verläuft (siehe Abb.12).

Diese Seitenunterschiede entstehen durch die links der Wirbelsäule gelegene Aorta descendens. Zwischen Lunge und Wirbelsäule befindet sich eine Schicht Zellgewebe. Wird diese Gewebsschicht, bestehend aus Pleura und subpleuralen Geweben, von ihrer Schmalseite her vom Strahlengang getroffen, so bildet sie nach SARROUYs Ansicht die Ursache des beschriebenen Schattenstreifens, der außerdem noch durch die geringe Dichte des angrenzenden Lungengewebes betont wird. Pathologische Prozesse, die zu einer Verbreiterung dieser Schichten führen, müssen demnach auch zu einer Veränderung der Gestalt des Schattens führen.

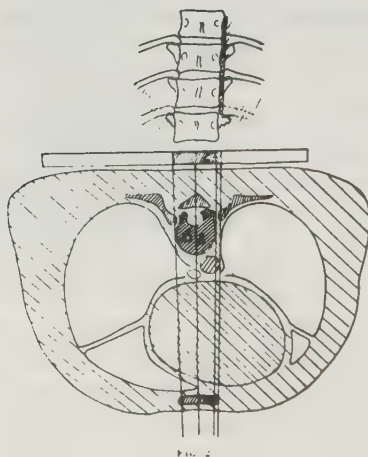


Abb. 12 Schematischer Querschnitt durch den Thorax in Höhe von D VIII. Der Begleitschatten stellt sich als Projektion des Gewebes zwischen Brustwirbelsäule und Pleura dar (aus Sarrouy (40)).

In einer 1955 erschienenen Arbeit erklärt RESKE (39) den Begleitschatten der Wirbelsäule als Schattenbildung, die

durch subpleurales Binde- oder Fettgewebe zusammen mit der Pleura paravertebralis hervorgerufen wird.

Daneben findet man noch in der internistischen und pädiatrischen Literatur eine Reihe von Hinweisen auf paravertebrale Schatten (HERRNHEISER, WECHSLER, FANCONI, PODKAMINSKY nach RESKE (39)). Da es sich hierbei aber um Deutungen von weichen Aufnahmen, Lungenaufnahmen oder Durchleuchtungsbefunden, handelt, sind diese Schatten nicht sicher mit dem Begleitschatten der Wirbelsäule auf Wirbelsäulenaufnahmen identisch, denn es können dabei die Schatten der verschiedensten Substrate in den paravertebralen Raum projiziert werden: z.B. costomediastinale Schwarten (HERRNHEISER (24)).

RESKE (39) fand bei einer Reihe von Patienten, die einen Begleitschatten erkennen ließen, fast regelmäßig auf weichen Aufnahmen dreieckförmige kostomediastinale Schwarten oder teilweise verstrichene Sinus phrenico-paravertebrales. Er hält es für wahrscheinlich, daß zwischen beiden Formen von Weichteilverschattungen Beziehungen bezüglich der Genese bestehen.

Die Ursache dieser Verschattungen soll die Folge von entzündlichen Veränderungen im Bereich der Pleura, der Lunge und des Mediastinums sein, zumal die meisten fieberhaften Erkrankungen der tieferen Luftwege gleichzeitige Reizerscheinungen der Pleura hervorrufen könnten.

Nach GÖTTSCHE (20) finden sich bei der Sektion von Kindern, die an Pertussis gestorben sind, sehr oft pleurale Veränderungen, die meistens aus unspezifischen, flüssigkeitsarmen, fibrinreichen Auflagerungen bestehen.

Nach HERRNHEISER kommt es zu Schwartenbildungen infolge von kleinen Ergüssen im Sinus, die nur geringe Erscheinungen verursachen, sich aber unter einer kleinen fieberhaften Erkrankung, z.B. Erkältung, "Influenza" verbergen können. Die Schwarte wird dann meist zufällig entdeckt und erscheint durch ihre Lage im Röntgenbild als paravertebraler Schatten.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch eine Arbeit von YAMADA (48), nach dem sich derartige Ergüsse auch ohne Erkrankung ausbilden können. Bei Reihenuntersuchungen japanischer Rekruten fanden sich in Ruhe bei etwa 29 %, nach Anstrengungen in etwa 70 % der Fälle kleine Ergüsse, die sich z.T. durch so starken Zellreichtum auszeichneten, daß sie wie dünnflüssiger Eiter erschienen.

Diese Ergüsse sind sicher durch ihren Zellreichtum dazu geeignet, durch fibrinoide Ablagerungen zu Schwarten zu führen. Diese Ablagerungen sind dort am stärksten, wo die Reibung zwischen den Pleurablättern am geringsten ist, das heißt an der Lungenspitze und im paravertebralen Raum, wo die Pleura paravertebralis die Bewegungen der Pleura costalis nur begrenzt mitmacht. In seiner bereits oben zitierten Arbeit gelingt es RESKE durch Aufnahmen in den verschiedenen schrägen Durchmessern Veränderungen des Begleitschattens aufzuzeigen, die nur durch eine paravertebrale Lage der schattengebenden Strukturen erklärt werden können. Eine Tiefenlokalisation der schattengebenden Strukturen konnte er durch Schichtaufnahmen senkrecht zur Längsachse der Brustwirbelsäule erzielen. Auf diesen Aufnahmen kann man den scharfen Anschnitt des Begleitschattens nur neben der Brustwirbelsäule erkennen, woraus geschlossen werden darf, daß er tatsächlich paravertebral und retroaortal verläuft.

Bei 15 von 28 Leichen, die bei dieser Untersuchung unter Röntgenkontrolle präpariert wurden, fand sich ein Begleitschatten.

"Es ergab sich auch bei diesen Untersuchungen eindeutig, daß der paravertebrale Schatten hervorgerufen wird durch das retroaortale, subpleurale Binde- oder Fettgewebe zusammen mit der Pleura paravertebralis." (RESKE (39)). Er berichtet weiter, daß er nach einer Entfernung von einzelnen Streifen paravertebralen Gewebes, Pleura und subpleurales Gewebe, unter Schonung des Periosts, der Bänder und Gelenkkapseln an der Wirbelsäule, diese Streifen auf dem Röntgenbild als Aussparungen im Begleitschatten erkennen konnte.

Es fand sich ganz allgemein eine mehr oder weniger starke Verdickung des subpleuralen, paravertebralen Gewebes der linken Seite im Vergleich zur rechten, die bei Leichen, die einen Begleitschatten aufwiesen, stärker war als bei solchen ohne diesen Schatten. Einen Überblick über diese Verhältnisse gibt Abb. 13.

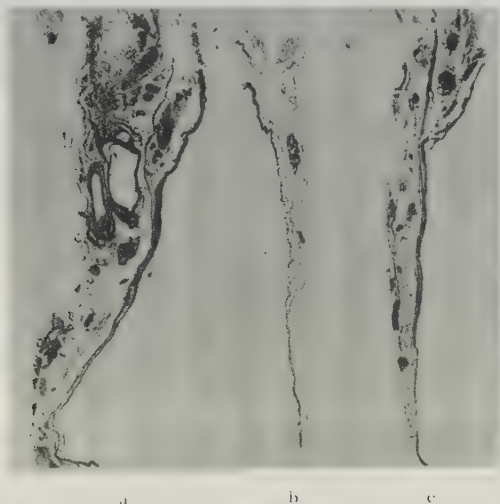


Abb. 13 Paravertebrale Gewebsschnitte

- a) von weibl. Leiche (32 J.) mit Schatten im Röntgenbild, in Höhe von D VII. links
- b) Schnitt von der gleichen Leiche in Höhe D VII rechts; im Röntgenbild kein Schatten auf dieser Seite
- c) Paravertebralschnitt, Höhe D VII links einer weibl. Leiche (42 J.) ohne Begleitschatten im Röntgenbild

(nach RESKE (39))

Histologisch konnte RESKE ein normales Bild der Pleura nur selten finden. Im Präparat waren die einzelnen Gewebsschichten teilweise in einer Form aufgelockert, als habe sich vor der Fixation ein interstitielles Ödem dort befunden. Fast immer waren die kollagenen Elemente in der para-

vertebralen Pleura vermehrt, während elastische Fasern nicht mehr nachgewiesen werden konnten. Die Zugrichtung dieser kollagenen Fasern verlief parallel zur Längsachse der Wirbelsäule.

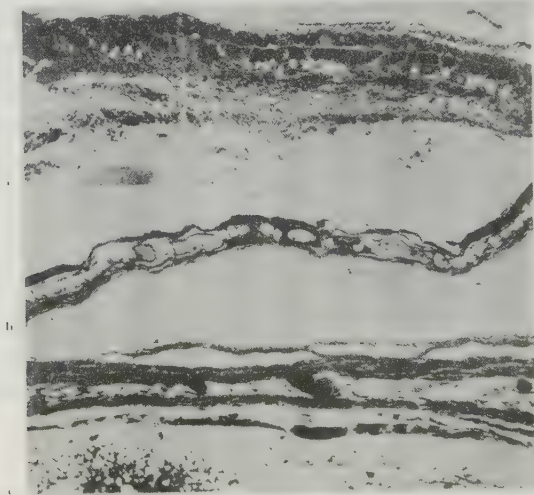


Abb. 14 Pleuraausschnittvergrößerungen

- a) Pleura paravertebralis aus 13a)
 - b) Pleura costalis der gleichen Leiche
 - c) Pleura paravertebralis aus 13c)
- (nach RESKE (39))

Bei manchen Leichen fanden sich in den oberen Schichten der Pleura perivaskuläre, entzündliche Veränderungen mit teilweise frischen Verklebungen der Pleurablätter. Zwischen noch nicht durchorganisierten Fibrinniederschlägen fanden sich kollagene Faserbündel, deren Zugrichtung parallel zur Längsachse der Wirbelsäule verlief, was im Falle von Narbenschrimpungen von Bedeutung sein könnte.

Häufig fand RESKE auch mehr oder weniger dicke Schichten von Fettgewebe zwischen den paravertebralen Pleuraschichten. Es scheint eine solche Fetteinlagerung auf solche Stellen beschränkt zu sein, in denen sich chronisch-

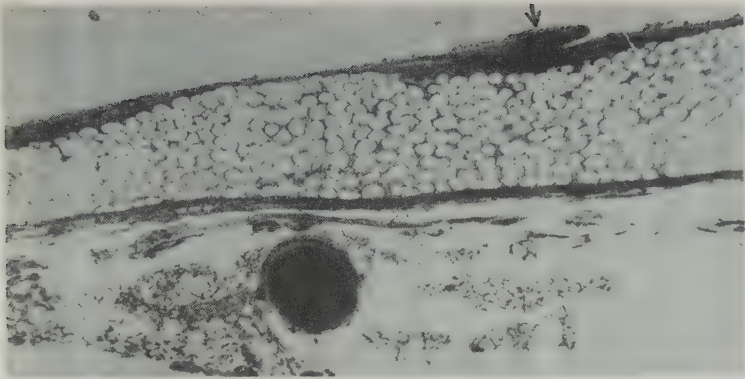


Abb.15 Kollagene Faserbündel der Pleura aufgelagert (—>)
Zwischen den Schichten der Pleura paravertebralis
eingelagertes Fettgewebe (nach RESKE (39))

entzündliche Prozesse abgespielt haben. Sie soll durch Fettspeicherung in Mesenchymzellen verursacht werden, wenn bei der Resorption von Exsudaten eine lokale Lipämie oder Lipolymphie eintritt, weil durch Schwartenbildung Abflußbehinderungen entstehen. Nach FLEISCHNER (19) treten Schwarten am parietalen Pleurablatt eher auf als am visceralen Blatt, da hier leicht Lymphstauungen entstehen. Gestützt wird diese Annahme durch den Befund, daß sich in der Umgebung von Lymphknoten stets reichlich Fettgewebe fand, auch, wenn in weiteren Schnitten des gleichen Paravertebralraums sich nur wenig oder kein Fett fand. Lag ein Lymphknoten dicht unter der Pleura, so wurde die bedeckende Pleura verdickt gefunden.

Bei drei von vier untersuchten weiblichen Leichen fanden sich bindegewebige Züge, die von der Pleura zur Aorta zogen. Ein ähnlicher Fund konnte nur bei einer von den untersuchten männlichen Leichen erhoben werden. Bei den weiblichen Leichen fand sich zwischen den bindegewebigen Zügen braunes plurivakuoläres Fettgewebe, das durch besonderen Kern- und Gefäßreichtum auffiel, und stellenweise "angiomartigen" Charakter hatte. Bei den männlichen Leichen fand sich an dieser Stelle hauptsächlich weißes Fettgewebe. Es konnten

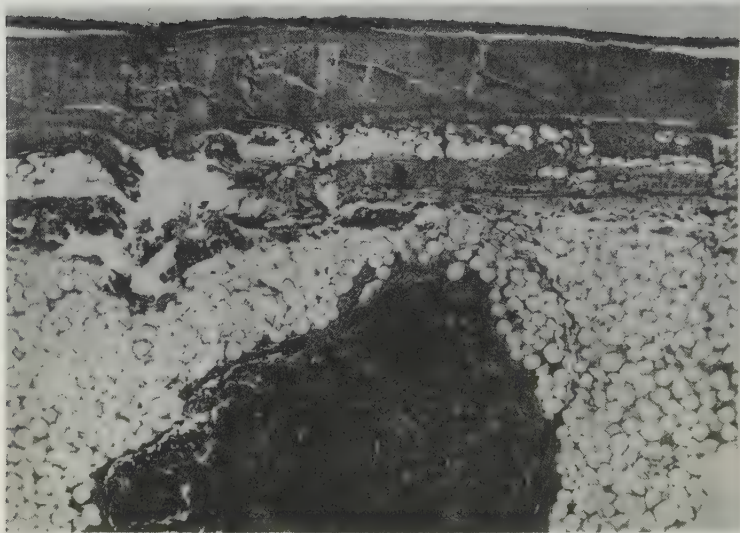


Abb. 16 Lymphknoten unter der Pleura paravertebralis, mit reichlich Fettgewebe umgeben. Die bedeckende Pleura ist schwielenartig verdickt und doppelt so dick wie in den übrigen Teilen. Sie enthält keinerlei kernhaltige Elemente (nach RESKE (39)).

jedoch keine quantitativen Unterschiede der Fettanhäufung im subpleuralen Gewebe männlicher und weiblicher Leichen festgestellt werden.

RESKE kommt danach zu dem Schluß, daß der Begleitschatten der Brustwirbelsäule im Röntgenbild intra vitam entsteht, und wohl durch eine irreversible Gewebsveränderung im Raum hinter der Aorta und neben der Brustwirbelsäule hervorgerufen wird. In einigen Fällen wurde auch eine völlige Rückbildung des Schattens beobachtet; teilweise Rückbildungen seien häufiger zu beobachten gewesen.

Die Intensität des Schattens wäre abhängig von der Art des schattengebenden Gewebes. Dort, wo plurivakuoläres Fettgewebe oder sehr viel Bindegewebe gefunden worden sei, wäre der Schatten auch bei der intakten Leiche gefunden

worden, während er sich bei den Leichen, bei denen sich weißes Fettgewebe fand, erst in späteren Präparationsstufen hätte darstellen lassen.

Pathologisch-histologisch waren in diesem Gebiet alle Stadien von akuter über chronische Entzündung bis zur Narbenbildung zu finden.

Daß der Begleitschatten links häufiger als rechts auftritt, wird darauf zurückgeführt, daß bei entzündlichen Veränderungen der Pleura die von der Aorta ausgehende Unruhe alle reaktiven Gewebsproliferationen fördere. Dadurch würden die nach der Entzündung bleibenden Veränderungen in den retro-aortalen Gewebsschichten stärker sein als die in den korrespondierenden Partien der rechten Pleura.

RESKE nimmt an, daß die Vorgänge, die zu der Entstehung eines Wirbelsäulenbegleitschattens führen, eine erhebliche Bedeutung bei der Entstehung von Skoliosen im Brustwirbelsäulenbereich hätten. Er zeigt Aufnahmen von Skoliosepatienten, bei denen ein Begleitschatten wie eine Sehne den Bogen der Skoliose überspannt. Es bildet sich zunächst eine Schmerzskoliose, die dann durch Schrumpfung der Pleura und des subpleuralen Gewebes nach Abklingen der Entzündung zu einer Fixierung der Skoliose führen soll. Diese Fixierung bedingt dann weiterhin bei noch im Wachstum befindlichen Wirbelsäulen durch ungleichmäßige Belastung des wachsenden Gewebes eine Verstärkung der Skoliose.

5. Anatomie und Topographie der Brustwirbelsäule und ihrer Umgebung

Wenn nach RESKE die Begleitschatten der Brustwirbelsäule durch pleurale, entzündliche Reaktionen zustandekommen, dann müßten, entsprechend ihrer überaus häufigen Sichtbarkeit, derartige pleurale Erkrankungen außerordentlich häufig sein. Der Kliniker kennt diese Häufigkeit und wohl auch diesespezielle Verlaufsform derartiger Affektionen bislang nicht, und es erhebt sich die Frage, ob mit der von RESKE gegebenen Darstellung die Verhältnisse richtig gedeutet, und ob hier und in anderen Deutungen alle infrage kommenden Möglichkeiten, die Entstehung der Begleitschatten zu erklären, ausgeschöpft sind. Es wurden deshalb eine große Zahl der in der Universitäts-Strahlenklinik Marburg vorhandenen Aufnahmen von Brustwirbelsäulen speziell auf die Begleitschatten durchgesehen und einige zusätzliche Untersuchungen angestellt, um das etwaige Mitwirken einiger bislang nicht beachteter Substrate am Zustandekommen der Begleitschatten zu erkennen oder auszuschließen. Dabei wurden besonders auch die topographischen Verhältnisse der Lymphwege und der vertebrealen sowie paravertebralen Blutgefäße beachtet, weil uns nicht ausgeschlossen scheint, daß eine unterschiedliche Füllung der vertebrealen Gefäße, besonders der venösen Plexus eine unterschiedliche Breite des Begleitschattens verursacht.

Eine unterschiedliche Füllung dieser venösen Plexus ist für die verschiedensten pathologischen Veränderungen der Wirbelsäule nicht nur vorstellbar, sondern z.T. bereits erwiesen, z.B. mittels der transossalen Phlebographie, die bei Bandscheibenprolapsen, Rückenmarkstumoren etc. deutlich von der Norm abweichende und deshalb diagnostisch zu wertende Venenfüllungsbilder ergibt. Von einer veränderten venösen Dynamik kann u.U. aber auch eine Veränderung in der Durchsaftung der beteiligten paravertebralen Gewebe erwartet werden. Die Verbreiterung des Begleitschattens der Brustwirbelsäule könnte also möglicherweise auch Folge der bei den verschiedensten Affektionen der Wirbelsäule

auftretenden Störungen der venösen Abflußdynamik sein und auf einer Erweiterung der paravertebralen Plexus selbst oder/und einer damit verbundenen vermehrten Durchsaftung des paravertebralen Gewebes beruhen.

Zunächst sei unter diesen Gesichtspunkten nochmals näher auf die Anatomie und Topographie der Brustwirbelsäule und der ihr anliegenden Substrate eingegangen.

5.1. Aufbau der Brustwirbelsäule und ihre Bänder

Die Wirbelsäule im Thoraxbereich besteht bekanntlich aus zwölf Wirbeln. Die einzelnen Wirbel werden durch gelenkige Verbindungen, durch die Bandscheiben und durch das hintere und vordere Längsband zur Wirbelsäule vereinigt. An den Fortsätzen der Wirbel setzen zahlreiche Muskeln an, die die einzelnen Wirbel miteinander verbinden, oder kleinere oder größere Abschnitte überbrücken und so zu einer funktionellen Einheit zusammenschließen. Neben der physiologischen Kyphose der Brustwirbelsäule findet man bei ca. 80 % aller Menschen (SCHMORL (41)) im Bereich der Hals- und oberen Brustwirbelsäule und an der Lendenwirbelsäule eine ebenfalls physiologische Ausbiegung nach links, während der untere Brustwirbelsäulenanteil nach rechts ausgebogen ist. In den restlichen 20 % sind die Krümmungen umgekehrt. Diese physiologische Skoliose bildet sich erst nach dem sechsten Lebensjahr aus, und nimmt mit steigendem Alter zu. Für die Richtung der Ausbiegung scheint die rechtsseitig stärker ausgebildete Rumpfmuskulatur verantwortlich zu sein.

5.2. Die arterielle Gefäßtopographie im Bereich der Brustwirbelsäule

Die arterielle Versorgung der Brustwirbelsäule erfolgt durch Abzweigungen der Arteriae intercostales, die aus der Brustaorta entspringen. In Höhe der zweiten Rippe ent-

springend zieht der Aortenbogen dorsalwärts gerichtet durch den Mediastinalraum, um auf der Höhe des vierten Brustwirbelkörpers zu enden. Er reitet auf dem linken Bronchus und zieht zunächst ventral, dann lateral links von der Trachea, deren unteres Ende er nach rechts verdrängt. Durch das Ligamentum Botalli ist er mit der Arteria pulmonalis verbunden. Der Übergang des Aortenbogens in die Brustaorta liegt am Abgang des Nervus recurrens aus dem Vagus in Höhe des vierten Brustwirbelkörpers. Von dort aus verläuft die Aorta zunächst seitlich vor der Brustwirbelsäule, um sich dann caudalwärts immer mehr nach medial-ventral zu verlagern, bis sie im Hiatus aorticus diaphragmatis in Höhe der Bandscheibe D XII/L I genau ventral vor der Wirbelsäule steht (nach TÖNDURY (45)).

Die segmental gegliederten Arteriae intercostales ziehen von der Aorta ausgehend über die Vorder- und Seitenfläche der Wirbelsäule, kleine Arteriae nutritiae an diese abgebend, und teilen sich in einen Ramus ventralis, der in den Zwischenrippenraum weiterzieht und einen Ramus dorsalis, der die Wirbelbögen, Quer- und Dornfortsätze durch feine Zweige versorgt und einen Ramus spinalis, der durch das Zwischenwirbelloch ziehend sich mit dem der Gegenseite verbindet. Er steht durch Anastomosen mit denen der höheren und tieferen Segmente in Verbindung und versorgt den Wirbelkanal mit seinem Inhalt.

Die Wirbelkörper werden von außen und auch vom Wirbelkanal her durch zahlreiche Arteriae nutritiae mit Blut versorgt. Auf der Vorderseitenfläche der Wirbelkörper findet man regelmäßig Anastomosennetze, an denen sich Seitenäste der Segmentarterien und der Rami spinales beteiligen.

Manchmal kommt es zur Ausbildung von einem inkonstanten Längsstamm in diesen Netzen, die bei Ausfall eines Segmentgefäßes einen Kollateralkreislauf ausbilden können.

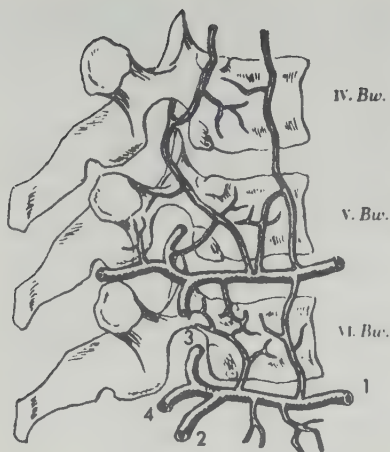


Abb.17 1 = A.intercostalis, 2 = R.ventralis,
3 = R.spinalis, 4 = R.lateralis (dorsalis)
(aus CLEMENS (9))

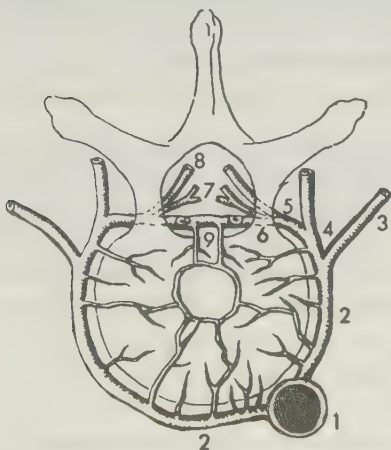


Abb.18 Die arterielle Versorgung der Wirbelkörper
1 = Aorta, 2 = Aa.intercostales, 3 = R.ventralis
a.intercostalis, 4 = R.dorsalis a.intercostalis
5 = R.spinalis, 6 = R.anterior canalis spinalis
7 = A.nevomedullaris, 8 = R.posterior canalis
spinalis. 9 = Queranastomose (aus CLEMENS (9))

Der R.spinalis (5) teilt sich in drei Äste, den R.anterior und R.posterior canalis spinalis, die Knochen und Bänder versorgen, und den R.nervomedullaris, der das Rückenmark mit seinen Hüllen, die Nervenwurzeln, das Spinalganglion und den Spinalnerven versorgt.

Der R.posterior canalis spinalis läuft entlang der Innenseite der Wirbelbögen, die er durch Aa.nutritiae versorgt und bildet unregelmäßige Anastomosennetze, mit denen der Gegenseite und benachbarter Segmente.

Der R.anterior canalis spinalis läuft auf der Rückseite des Wirbelkörpers bis fast zur Mitte, wo er einen R.ascendens, einen R.descendens und eine A.nutritia abgibt. Der Verlauf des gegenseitigen R.anterior ist gleich. Zwischen den auf- und absteigenden Ästen, die sich miteinander verbinden, bilden sich Queranastomosen aus.

Die von den Rr. anteriores ausgehenden Aa.nutritiae verbinden sich im Zentrum der Wirbelkörper mit den aus dem Gefäßnetz der Außenseite in radiärer Richtung durch das Periost in den Knochen eindringenden Aa.nutritiae zu einem Gefäßring.

Die durch die Foramina nutritia eindringenden Gefäße führen ihr Blut dem Knochenmark zu, während der Knochen über die VOLKMANNschen Kanäle vom Periost versorgt wird.

Die Zwischenwirbelscheiben sind beim erwachsenen Menschen gefäßlos (nach CLEMENS (9)).

5.2.1. Die Röntgensymptomatik der Aortographie

Die Darstellung der Aorta erfolgt durch Injektion eines Kontrastmittels nach direkter Punktion oder nach Vorschlebens eines Katheters, der in die Arteria femoralis, die Arteria radialis oder die Arteria brachialis eingeführt wird. Derartige Untersuchungen werden heute für klinische Fragestellungen häufig und routinemäßig durchgeführt.



Abb.19 Anteroposteriore Aortographie eines gesunden Fünfzehnjährigen. Aus Angiography von ABRAMS (1)

Der Bulbus und die Aorta ascendens liegen auf der AP-Aufnahme im Wirbelsäulenschatten und bilden mit der Körperlängsachse einen Winkel von $15-30^{\circ}$. Die Aorta ascendens ist beim Erwachsenen ein 4-5 cm langes gleichweites Rohr von 2,5-3 cm Durchmesser. In der Höhe des zweiten Rippenknorpels schließt sich der Aortenbogen an, der zum größten Teil ebenfalls im Wirbelsäulenschatten liegt. Kurz vor dem Scheitelpunkt werden der Truncus brachiocephalicus, die Arteria carotis communis sinistra und die Arteria subclavia sinistra abgegeben. Danach verkleinert sich der Durchmesser des Aortenbogens um etwa ein Drittel. Das letzte Viertel wird links neben der Wirbelsäule sichtbar und geht in Höhe des vierten Brustwirbels in die Aorta thoracica über. Diese zieht in gestrecktem Verlauf neben der Wirbelsäule her, um in Höhe D XI wieder ganz in den Wirbelsäulenschatten einzutreten (nach ABRAMS (1)).

5.3. Die venöse Gefäßtopographie im Bereich der Brustwirbelsäule

5.3.1. Die Plexus venosi

Die venöse Versorgung der Brustwirbelsäule erfolgt durch vier Plexus:

1. Plexus venosus vertebralis externus anterior
2. Plexus venosus vertebralis externus posterior
3. Plexus venosus vertebralis internus anterior
4. Plexus venosus vertebralis internus posterior

Der Darstellung von CLEMENS (9) folgend ist der Plexus venosus vertebralis externus anterior der schwächste der vier Plexus. Er besteht aus einer Anzahl kleiner Ästchen, die auf der Vorderseite der Wirbelkörper, zum Teil auch unter dem Ligamentum longitudinale anterius, liegen und nach rechts und links in Richtung auf die Segmentalgefäße hinziehen. Es handelt sich bei diesem Plexus nicht um ein Geflecht, das mehrere Segmente verbindet, sondern ist auf den einzelnen Wirbelkörper beschränkt.

Der Plexus venosus vertebralis externus posterior liegt unter der tiefen Rückenmuskulatur auf den Knochen und Bändern der Wirbelsäule zwischen Dorn- und Querfortsätzen. Durch die Dornfortsätze wird der hintere Venenplexus in einen linken und einen rechten Anteil geteilt, die durch zahlreiche Queranastomosen miteinander verbunden sind.

Der Plexus stellt ein weitmaschiges klappenloses Venensystem dar, das von der Schädelbasis bis zum Becken reicht. Es erhält Zuflüsse aus den Venen der Dorn- und Querfortsätze, der Wirbelbögen und aus den inneren Plexus. Am Untergrund eines jeden Querfortsatzes bildet der Plexus einen Ramus medialis, der sich mit dem aus der Muskulatur kommenden Ramus lateralis zum Ramus dorsalis des Segmentgefäßes verbindet. Nach cranial hat der Plexus Anschluß an den Plexus venosus suboccipitalis, und damit an das Schädelinnere.

Die Plexus venosi interni, anterior et posterior sind klappenlose, extradurale Plexus, die von je vier longitudinalen Gefäßzügen gebildet werden, die an jedem Wirbel durch quer und sagittal verlaufende Anastomosen miteinander verbunden sind und mit den Sinus der Schädelbasis und den Venen des Beckens verbunden sind.

Der Plexus venosus vertebralis internus anterior liegt an der Hinterwand der Wirbelkörper. Er wird aus zwei Paar Längsvenen gebildet, die rechts und links vom Ligamentum longitudinale posterius liegen und teilweise von diesem überdeckt werden. Diese Längsvenen sind keine isolierten Gefäße, sondern bilden im gesamten Wirbelkanal kommunizierende Venenkomplexe aus. Beide Hälften des Plexus sind durch Queranastomosen, die etwa in Wirbelmitte zwischen Periost und Ligamentum longitudinale posterius verlaufen, miteinander verbunden. Diese Anastomosen stehen mit den meist paarigen Venae basivertebrales in Verbindung, die den Wirbel in ventro-lateraler Richtung durchziehen. Am Foramen occipitale magnum steht der Plexus venosus vertebralis internus anterior mit dem Plexus basilaris in Verbindung.

Der Plexus venosus vertebralis internus posterior besteht ebenfalls aus zwei Paar Längsvenen. Ähnlich dem vorderen Plexus bilden sie kommunizierende Venenkomplexe, die durch zahlreiche Queranastomosen miteinander verbunden sind. In diese Anastomosen münden Venen, die die Wirbelbögen und zum Teil auch die Dornfortsätze entbluten. Vereinzelt bestehen Verbindungen zum hinteren äußeren Plexus.

Beide inneren Plexus stehen durch Queranastomosen, die die Wirbellöcher umziehen, miteinander in Verbindung, und geben ihr Blut an die Venae basivertebrales und die Venae intervertebrales ab. In der Regel entspringen mehrere Venen aus dem vorderen und hinteren Längsvenenstamm der gleichen Seite und ziehen zusammen mit dem Nervus spinalis durch das Foramen intervertebrale. Auf ihrem Weg nehmen sie kleine Venen aus dem Spinalganglion, dem Spinalnerven und z.T. dem

Knochen auf, um sich in den Ramus ventralis oder dorsalis des Segmentgefäßes zu ergießen. Einen Überblick über die Lage der Venen und Plexus am Wirbelkörper gibt Abb.20.

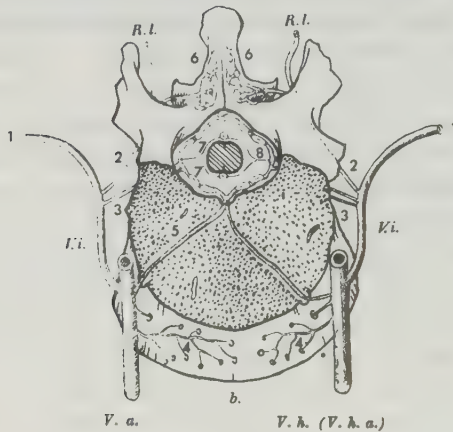


Abb.20 b = Brustwirbel, V.a. = V.azygos, V.h. = V.hemiazygos, V.h.a. = V.hemiazygos accessoria, V.i. = V.intercostalis, 1 = R.ventr.v.intercostalis, 2 = R.dorsalis v.intercostalis, R.l. = R.lateralis, 3 = Vv.intervertebrales, 4 = Plexus venosus vertebralis externus anterior, 5 = Vv.basivertebrales, 6 = Plexus venosus vertebralis externus posterior, 7 = Plexus venosi vertebrales interni, 8 = vv. radicales (aus CLEMENS (9)).

5.3.2. Das Azygossystem

Die Vena azygos und Vena hemiazygos beginnen in Höhe D XII/L I als Fortsetzung der Venae lumbales ascendentes nach deren Zusammenfluß mit den Venae subcostales. Abbildung 21 zeigt einen schematischen Überblick der Gefäßverteilung des Azygossystems (aus BACHMANN, ACKERMANN, MACKEN (3)).

Die Vena azygos verläuft rechts seitlich oder mehr auf der Mitte der Wirbelkörper nach cranial. In Höhe D III - D IV

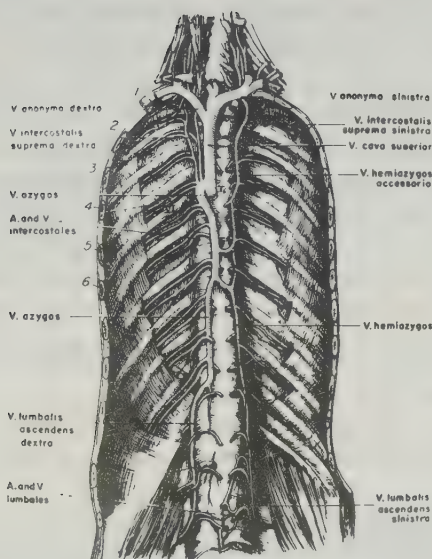


Abb. 21

beschreibt sie einen ventralwärts gerichteten Bogen über den rechten Hauptbronchus und mündet von hinten in die Vena cava superior. Nach phlebographischen Untersuchungen von LESSMANN (32) an lebenden Versuchspersonen hat sie an der Mündung in die Vena cava einen Durchmesser von 8-12 mm und eine Länge von 20-25 cm. Der Blutzufuß kommt aus der Vena lumbalis ascendens der rechten Seite, den Venae viscerales (Vv. oesophagicae, Vv. bronchiales, Vv. mediastinales), der Vena hemiazygos und hemiazygos accessoria und den Venae intercostales dextrae 3-12. Die Venae intercostales dextrae supremae 2, 3, (4) vereinigen sich zu einem gemeinsamen Stamm, der in die Vena azygos einmündet.

Die Vena hemiazygos liegt auf der linken Seite der Brustwirbelsäule und mündet in Höhe von D VII - D X in einem nach rechts gerichteten Bogen hinter Aorta, Ductus thora-

cicus und Oesophagus verlaufend in die Vena azygos. Ihre Zuflüsse sind die Vena lumbalis ascendens sinistra, Venae viscerales und die Venae intercostales 12 - 8.

Die Vena hemiazygos accessoria verläuft als Fortsetzung der Hemiazygos nach cranial und nimmt die oberen Intercostalvenen auf. Sie mündet in die Vena azygos oder in die Vena hemiazygos und steht gelegentlich mit der Vena brachiocephalica sinistra in Verbindung. Der Verlauf der Vena hemiazygos accessoria und der Intercostalvenen der linken Seite wechselt stark. Gelegentlich münden mehrere Intercostalvenen der linken Seite direkt in die Vena azygos.

Die Lagebeziehung des Azygossystems zur Wirbelsäule zeigen die beiden folgenden Phlebogramme bei einem Lobus venae azygos.



Abb.22 a und b Transcostale Phlebographie bei Lobus venae azygos (nach SÜSSE und JULITZ (44))

Die Darstellung erfolgte durch Instillation eines Kontrastmittels in den Markraum einer Rippe, von wo es über die Knochenvenen und Intervertebralvenen in die dargestellten Gefäße gelangt. Wie man in Abb. 22a erkennt, verläuft der untere Anteil der V.azygos und die gesamte V.hemiazygos etwa dort, wo auf röntgenologischen Nativaufnahmen der Brustwirbelsäule der Begleitschatten der Brustwirbelsäule sichtbar ist. Allerdings verläuft er der äußeren Fluchtlinie der Brustwirbelsäule nicht exakt parallel.

5.3.3. Die venösen Plexus als Metastasierungswege

Die Plexus venosi vertebrales interni und der Plexus venosus vertebralis externus posterior bilden klappenlose Anastomosettenketten mit ungerichteter Strombahn, die von der Schädelbasis bis zum Becken reichen (nach BATSON (5), CLEMENS (9)). Nach Angaben von CLEMENS (9) beträgt die Kapazität der Plexus interni beim Erwachsenen etwa 100 ml, etwa das zwanzigfache des arteriellen Systems.

Da das Blut in diesem System frei nach allen Richtungen fließen kann, stellen die Plexus einen wichtigen Umgehungsweg für das Cava- und Azygossystem sowie die Venae jugulares internae dar (CLEMENS (9) und BATSON (4)).

Man kann sich leicht vorstellen, daß auf diesem Weg Abszeß- und Tumormetastasen von und nach den verschiedensten Körperregionen unter Umgehung des Cava-, Porta- und Lungenvenensystems verschleppt werden können, und daß damit Metastasierungen, die nach dem WALTHERschen Schema der Metastasierungstypen nur schwer erklärt werden können, ihre Erklärung finden.

Es ist das Verdienst von BATSON (5,6), daß er als erster auf die Bedeutung dieses Venensystems, das erstmals von BRECHET (8) Anfang des 19. Jahrhunderts eingehend beschrieben worden war, hingewiesen hat. Er injizierte an menschlichen Leichen die Vena dorsalis penis mit einem Röntgenkontrastmittel und beobachtete dabei seine Ausbreitung

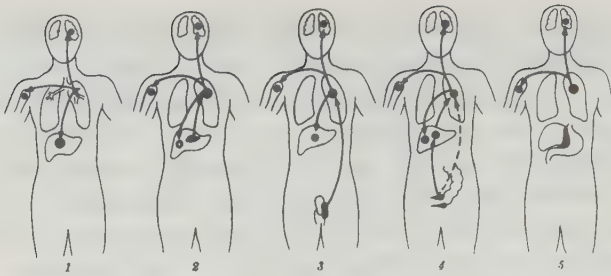


Abb. 23 1 = Lungentyp, 2 = Lebertyp, 3 = Hohlvenentyp, 4 = Pfortadertyp, 5 = Zysternentyp (WALTHER (46))



Abb. 24

Röntgenaufnahmen einer kleinen männlichen Leiche, in deren tiefe dorsale Penisvene Kontrastmittel injiziert worden ist.

Besonders bemerkenswert ist die starke Auffüllung der Schädelsinus mit dem Kontrastmittel (aus BATSON (5))

über den Plexus prostaticus, die Venen der Beckenwand, die Venae iliacae communes beider Seiten, die Vena cava inferior und die Wirbelplexus. Bei Injektion von mehr als 200 ml Kontrastmittel kam es zu einer Auffüllung der Schädelsinus.

Später wiederholte er diese Versuche an lebenden Rhesusaffen, bei denen eine Füllung des Wirbelplexus jedoch nur bei Kompression des Bauches während der Injektion zu erzielen war. Er konnte zeigen, daß bei intraabdomineller bzw. intrathorakaler Druckerhöhung durch Husten, Niesen, Pressen und Valsalvaversuch die Wirbelplexus aufgefüllt werden, und erklärt damit das gehäufte Auftreten von Hirnmetastasen bei Lungenabszessen und Bronchialcarcinom. Die Ausbreitung des Kontrastmittels aus dem Plexus prostaticus in die Becken- und Wirbelgefäße entspricht der Ausbreitung von Metastasen bei Prostatacarcinom.

Um zu prüfen, ob das System der Vertebralvenen auch eine Erklärung für das Auftreten von sogenannten "paradoxen" Metastasierungen bietet, die sich bei Carcinom der Mamma finden, injizierte BATSON Kontrastmittel in eine Vene der Brust weiblicher Leichen. Schon nach Injektion von 30 ml fand sich Kontrastmittel in den Claviculae, den Venae intercostales, dem Caput humeri, den Halswirbeln, dem Sinus transversus, dem Sinus longitudinalis superior, ebenso wie in der Vena azygos und in der Vena cava.

Die Ausbreitung des Kontrastmittels läuft parallel mit dem Ausbreitungsgebiet von sogenannten "aberrierenden" Metastasen des Mammacarcinoms, z.B. in die paranasalen Sinus, die Schädelknochen, die Halswirbel und in den Schultergürtel, etc. (BATSON (6)).

In anderen Fällen ergab sich schon bei einer Menge von 15 ml Kontrastmittel eine Ausbreitung über die Mittellinie hinweg durch die Hautgefäße in die Intercostalgefäße und Wirbelgefäße und in den Schultergürtel, wo sich das Kontrastmittel bis in das Coracoid und das Caput humeri ausgebreitet hatte.

Auf Grund dieser Untersuchungsbefunde kam BATSON zu der Ansicht, daß das Wirbelvenensystem einen wichtigen Umgehungsweg für das Cavasystem bei der Ausbreitung von Metastasen bildet, wie es nachstehend beigefügte Skizze BATSONs verdeutlicht (Abb.25).

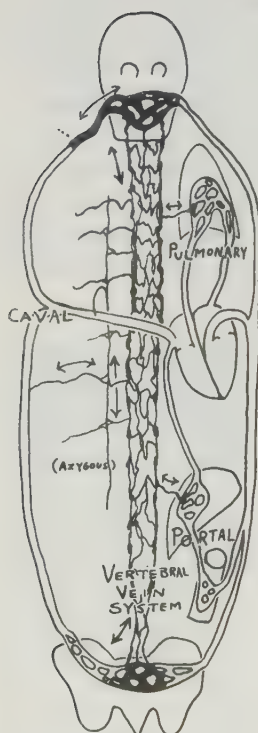


Abb. 25

Ausbreitungsmöglichkeit von Tumoren und Abszessen von und nach den verschiedenen Regionen des Körpers über das Wirbelvenensystem, das einen Umgehungsweg zum System der Vena cava, der Pfortader und der Lungenvenen bildet (aus BATSON (5)).

Die Frage der Metastasierung über die Wirbelvenen wurde 1951 von LAWRENCE und MOORE (31) und von COMAN und DE LONG (11) experimentell untersucht. Erstere injizierten nach der Unterbindung der Vena cava inferior, der Venae epigastricae und der Venae lumbales eine Suspension von transplantierbaren Kaninchencarcinomzellen in die Vena femoralis lebender Kaninchen. Dabei fanden sie eine Ausbreitung von Tumormetastasen entlang der inneren Wirbelvenenplexus und in der Lunge. Nach zusätzlicher Unterbindung der Vena azygos traten trotzdem Lungenmetastasen auf. Diese können nur über die Wirbelsäulenplexus in die Lunge gelangt sein.

Desgleichen injizierten COMAN und DE LONG (11) bei gleichzeitiger abdomineller Kompression lebende Tumorzellen in

die Vena femoralis von Ratten. Bei 12 von 14 Tieren fanden sich Tumorembolien in den Wirbelvenen, jedoch keine Tumoremboli in den arteriellen Gefäßen der Wirbelsäule, ein Beweis dafür, daß die Tumorzellen tatsächlich durch die Venen der Wirbelsäule befördert worden sind. Von 16 Kontrolltieren, bei denen die Injektion der Tumorzellen ohne gleichzeitige abdominelle Kompression stattfand, entwickelten 15 Tiere Lungenmetastasen, jedoch keine Wirbelsäulenmetastasen.

Beide Autoren halten wie BATSON das venöse System der Wirbelsäule für einen Ausbreitungsweg von Metastasen und glauben, daß Husten oder der Valsalva-Versuch ausreichen, um durch abdominelle Druckerhöhung Blut aus der Vena cava inferior in die Wirbelvenenplexus und die Vena azygos zu befördern.

ANDERSON (2), der die Versuche BATSONs 1951 an Leichen und am Lebenden wiederholte, konnte bei seinen Untersuchungen am Lebenden, Injektion des Kontrastmittels in die Vena femoralis, eine Umkehr des Blutstroms in den Wirbelvenenplexus und den zugehörigen Abflußgebieten feststellen.

5.4. Das Lymphsystem im Bereich der Brustwirbelsäule

Ein weiteres Substrat, das im Bereich des Begleitschattens der Brustwirbelsäule verläuft, ist der Ductus thoracicus. Er tritt rechts von der Aorta durch den Hiatus aorticus verlaufend in das Mediastinum ein, wo er in der Mittellinie zwischen Aorta und Vena azygos hinter dem Oesophagus gefunden wird nach TÖNDURY (45) und JOSSIFOW (25). Er überkreuzt die Arteriae intercostales dextrae und steht unterhalb der Bifurkation der Trachea in Beziehung zum Recessus retrooesophagicus. In Höhe von D V weicht er nach links aus an die rechte Seite des Arcus aortae. In seinem weiteren Verlauf zieht er seitlich von der Arteria subclavia aufwärts, kreuzt ventralwärts die Arteria vertebralis und dringt im Bogen nach lateral zwischen die Arteria carotis communis und die Arteria subclavia. Der Scheitel des Bogens liegt

5.5. Die Topographie des Truncus sympathicus

Die pars thoracica des Truncus sympathicus liegt außerhalb des Bereichs der Wirbelsäule in enger Beziehung zu den Capitula costarum hinter der Übergangsstelle der Pleura costalis in die Pleura vertebralis, mit welcher er nur locker verbunden ist, während er an der Unterlage fester haftet.

Der Brustsympathicus hat seine ursprüngliche Metamerie beibehalten und besteht aus 11-12 Ganglien, die auf der Höhe der Intercostalräume liegen und durch Rami interganglionares miteinander zum Grenzstrang verbunden sind. Zwei bis drei Rami communicantes verlaufen lateralwärts zu den Intercostalnerven. Hinzu kommen die Rami vasculares und Nervi splanchnici. Der Nervus splanchnicus major bezieht seine Wurzeln aus D V (VI) - IX (X), der Nervus splanchnicus minor aus D X und XI. Beide verlaufen durch das Zwerchfell in das Cavum retroperitoneale (nach TÖNDURY).

5.6. Die Topographie der Pleura

Wesentlich bei der Beschreibung des Begleitschattens der Wirbelsäule ist auch die Lage der Pleuragrenzen und die Topographie der Pleura im Wirbelsäulenbereich, da diese u.A. für die Entstehung des Begleitschattens der Wirbelsäule im Röntgenbild verantwortlich gemacht wird. Sie wurden bereits im Abschnitt 4 erwähnt. Besonders schön lassen sich diese Lagebeziehungen der Pleura an einigen Abbildungen von Leichenquerschnitten aus dem Buch von HASSELWANDER (22) erkennen (Abb.27-31).

Während die Pleuraverhältnisse im Costovertebralwinkel beider Thoraxhälften identisch sind, kommt es im Bereich der Pleura vertebralis und Pleura mediastinalis von cranial nach caudal zu unterschiedlichem Verhalten der Pleura. Die Grenzen der beiden Pleurasäcke verlaufen im prävertebralen Raum nicht parallel, sondern es kommt zur Ausbildung von Recessus, die sich einander nähern (PERNKOPF (34), LACHMANN (30)).

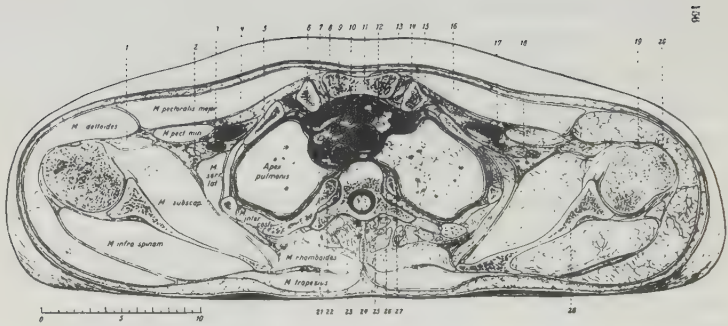


Abb.27 Schnitt durch den Thorax in Höhe D III
(aus HASSELWANDER (22))

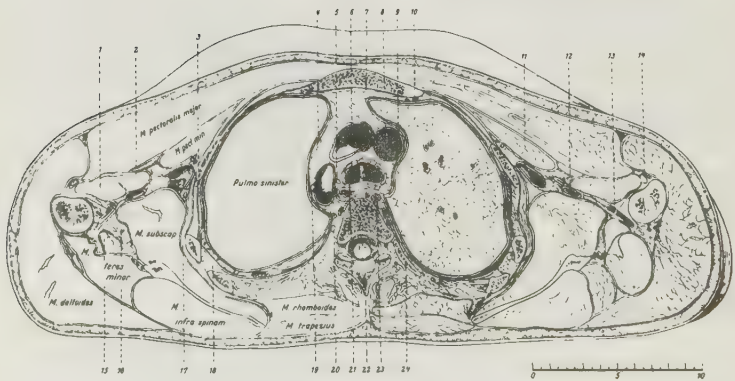


Abb. 28 Horizontalschnitt durch den Thorax in Höhe D V
(aus HASSELWANDER (22))

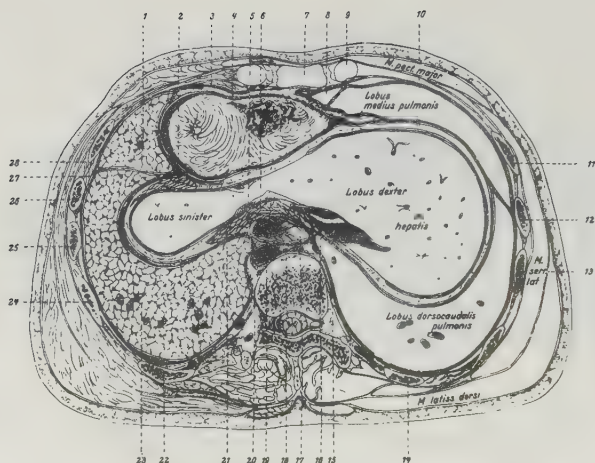


Abb. 31 Horizontalschnitt durch den Thorax in Höhe D IX
(aus HASSELWANDER (22))

Den stärksten Recessus bildet die Pleura der rechten Seite, den Recessus mediastinovertеbralis, der etwa vom 3. (4.) Brustwirbel ausgehend zwischen Vena azygos und Oesophagus in das praeventebrale Mediastinum eindringt, und bis in die Mittellinie nach links hinübertagt. Es ist nicht ganz sicher, ob dieser Recessus unter normalen Bedingungen Lungengewebe enthält (PERNKOPF (34)), oder ob er sich nur bei tiefer Inspiration entfaltet und es der rechten Lunge ermöglicht, sich mit einer Kante nach medial der Wirbelsäule auszudehnen.

Die Verhältnisse der dorsalen Pleuragrenzen lassen sich auf der nachstehenden Abbildung aus RAUBER-KOPSCH (38) deutlich erkennen. RESKE (40) berichtet, daß er bei seinen Leichenuntersuchungen den Sinus mediastinovertеbralis auf der rechten Seite immer gefunden hätte, wenn nicht ausgedehnte Verklebungen vorgelegen hätten.

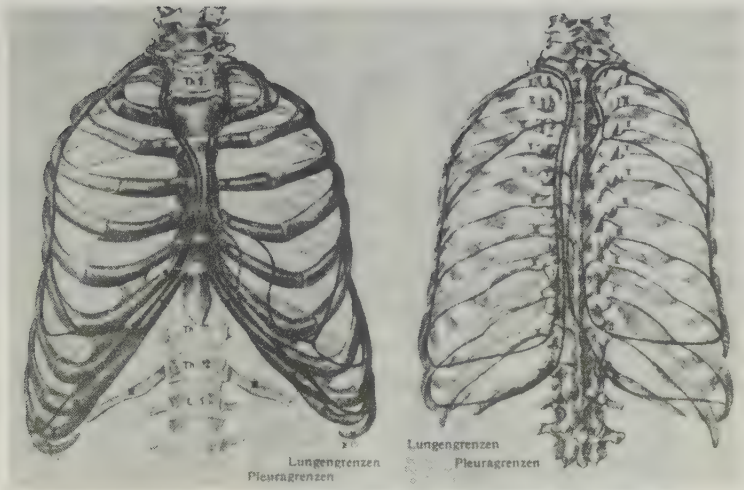


Abb. 32 Pleuragrenzen (aus RAUBER-KOPSCH (38))

5.7. Die topographischen Seitenunterschiede im Bereich der Brustwirbelsäule

Im Hinblick darauf, daß die paravertebralen Begleitschatten sowohl in ihrer Form als auch in ihrer Häufigkeit Seitendifferenzen aufweisen, seien auch die bereits bekannten topographischen Seitendifferenzen angeführt.

Seitenunterschiede der Topographie sind bekannt hinsichtlich:

1. Asymmetrie der rechten und linken hinteren Pleuragrenzen
2. Unterschiedliche Entfernung der rechten und linken Pleura vertebralis von der Brustwirbelsäule
3. Asymmetrie der arteriellen Gefäßverteilung
4. Asymmetrie der venösen Gefäßverteilung

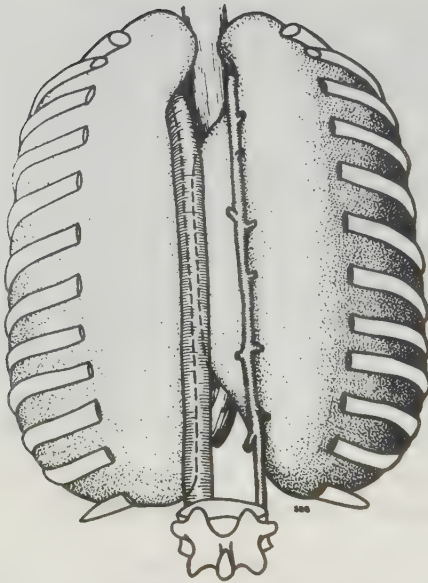


Abb. 33 Die hinteren Pleuragrenzen (nach LACHMANN (30))

ad 1) Man erkennt auf Abbildung 33 deutlich die Asymmetrie der hinteren Pleuragrenzen, die Ausbildung der beiden oberen kleineren Recessus und den großen rechten Recessus Mediastinovertebralis, der zwischen Vena azygos und dem Oesophagus vor der Brustwirbelsäule liegt und über die Mediane bis an die Aorta reicht.

ad 2) Wie die Abbildungen 27-31 erkennen lassen, liegt von der Höhe des fünften Brustwirbeldorns abwärts eine etwa zwei bis dreimal dickere Gewebsschicht zwischen den Wirbelkörpern und der linken Pleura als auf der rechten Seite. Außerdem wird die linke Pleura durch das Aortenrohr nach lateral abgedrängt, wodurch die topographischen Unterschiede im Verlauf beider Pleuren weiter verstärkt werden.

- ad 3) Weitere topographische Unterschiede zwischen beiden Thoraxhälften ergeben sich durch die Lage der Aorta descendens, die links latro-ventral von der Wirbelsäule verläuft.
- ad 4) Zusätzliche topographische Unterschiede ergeben sich noch aus der Lage und Ausbildung des Azygossystems. Die Vena azygos verläuft ventral bis rechts latero-ventral der Brustwirbelsäule, während die Vena hemiazygos und hemiazygos accessoria links lateral der Wirbelsäule verlaufen. Weitere Unterschiede ergeben sich aus der variablen Ausbildung der beiden letzteren Gefäße.

6. Eigene Untersuchungen

Anlaß zu den folgenden Untersuchungen war die Beobachtung, daß der Begleitschatten in seiner Abbildung nicht konstant ist. Es schien eine Verbreiterung des Schattens der röntgenologischen Sichtbarkeit von malignen Geschwülsten der Wirbel voranzugehen.

Als Ursache dieser Veränderungen wurden Störungen in der Durchblutung, reaktive Neubildung von Gefäßen in der Umgebung des wachsenden Tumors (35), Einwachsen von Tumorgewebe in das paravertebrale Gewebe und dadurch bedingt Stauungen im Bereich des Lymphsystems, angenommen.

6.1. Das Material an Brustwirbelsäulenaufnahmen

Zu dieser Untersuchung wurden die Wirbelsäulenaufnahmen von 613 Patienten der Strahlenklinik der Universität Marburg aus den Jahren 1960-1964 einschließlich verwendet.

Da es bisher keine Normwerte für die Gestalt und die Breite des Begleitschattens der Brustwirbelsäule des Gesunden gibt, und nach den bisherigen Erklärungen für die Entstehung des Begleitschattens auch kaum geben kann, mußte versucht werden, durch Vergleich mehrerer aufeinanderfolgender Aufnahmen des gleichen Patienten eine mögliche Beziehung zwischen Veränderungen des Begleitschattens und der Bildung von malignen Prozessen in den Wirbelkörpern festzustellen. Daher schieden alle Patienten, von denen nur eine Wirbelsäulenaufnahme vorlag, aus der Betrachtung aus. Übrig blieben 37 an bösartigen Geschwülsten erkrankte Patienten, von denen zwei und mehr in größerem zeitlichen Abstand angefertigte Wirbelsäulenaufnahmen vorlagen.

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Aufschlüsselung der Patienten nach der Primärerkrankung.

Mammacarcinom		21 F	= 21 Fälle
Bronchialcarcinom	2 M	2 F	= 4 Fälle
Hypernephrom		3 F	= 3 Fälle
Plasmocytom	2 M		= 2 Fälle
Lymphogranulomatose		2 F	= 2 Fälle
Cylindrom	1 M		= 1 Fall
Struma maligna		1 F	= 1 Fall
Retothelsarkom		1 F	= 1 Fall
unbekannter Primärtumor	1 M	1 F	= 2 Fälle

Aufschlüsselung der Zahl der Patienten nach der Art der Primärerkrankung

Von diesen 37 Patienten zeigten 11 keine Metastasen in der Brustwirbelsäule. Sie wiesen folgende Primärerkrankungen auf:

Mammacarcinom		6 F	= 6 Fälle
Bronchialcarcinom	1 M	2 F	= 3 Fälle
Hypernephrom		1 F	= 1 Fall
Lymphogranulomatose		1 F	= 1 Fall

Aufschlüsselung der Patienten ohne Wirbelsäulenmetastasen nach der Art des Primärtumors

Danach blieben für den Vergleich folgende Patienten mit Wirbelsäulenmetastasen:

Mammacarcinom		15 F	= 15 Fälle
Bronchialcarcinom	1 M		= 1 Fall
Hypernephrom		2 F	= 2 Fälle
Plasmocytom	2 M		= 2 Fälle
Lymphogranulomatose		1 F	= 1 Fall
Cylindrom	1 M		= 1 Fall
Struma maligna		1 F	= 1 Fall
Retothelsarkom		1 F	= 1 Fall
Unbekannter Primärtumor	1 M	1 F	= 2 Fälle

Aufschlüsselung der Zahl der Patienten mit Wirbelsäulenmetastasen nach der Art des Primärtumors.

6.2. Methodik der Untersuchung

Bei der Untersuchung der Wirbelsäulenaufnahmen beider Patientengruppen a) ohne Metastasen b) mit Metastasen in der Brustwirbelsäule wurden folgende Werte bestimmt:

1. Verteilung des Begleitschattens, ob rechts oder links der Wirbelsäule gelegen
2. Länge des Begleitschattens
3. Breite des Begleitschattens, gemessen von der Mitte der Außenkante jedes Wirbels zur äußeren Begrenzung des Begleitschattens
4. Form der Begrenzung des Begleitschattens, ob gerade und glatt, oder umschrieben ausgebuchtet
5. Beziehung der Veränderungen des Begleitschattens zum Auftreten von Tumoren in der Brustwirbelsäule

6.3. Befunde

Bei der Gruppe der 11 Patienten ohne Metastasen in der Brustwirbelsäule fand sich in 7 Fällen ein linksgelegener Begleitschatten in 4 Fällen ein links und rechts gelegener Begleitschatten.

Danach wurde die Länge der Begleitschatten bestimmt (maximale bei einem Patienten gefundene Länge)

Zahl der überspannten Wirbelkörper	Zahl der Fälle	
	rechts	links
3	1	1
6	-	2
7	2	5
8	1	1
9	-	2

Tabelle der Länge der Begleitschatten bei Patienten ohne Wirbelsäulenmetastasen

Bei der Messung der Breite der Schatten wurden links Schattenbreiten von 3 mm bis zu 24 mm gefunden; 3 mm in 2 Fällen, 24 mm in einem Fall. Die häufigsten Schattenbreiten lagen zwischen 7 und 11 mm.

Es zeigte sich, daß bei den Patienten dieser Gruppe die Schattenbreite in den aufeinanderfolgenden Aufnahmen annähernd gleich blieb. Die größte gemessene Schwankungsbreite war 3 mm über einzelnen Wirbelkörpern. Als Beispiel seien die Ergebnisse der Messungen an den Aufnahmen einer Patientin angeführt.

L., Hildegard, geb. 25.8.1915

Erkrankung: Mammacarcinom

Datum		Schattenlänge u. Breite in mm										Kontur	Zwerchfell
		D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12			
19.11.59	li re		4	3	3	3	4	3	3		glatt	Basis D 12	
27.6.60	li re		3	3	4	4	4	3	3		glatt	Basis D 11	
				3	3	3	4	4	4				
25.10.60	li re		3	3	4	4	5	5	4		glatt	Basis D 11	
			3	4	4	4	4	6	5				
7. 6.61	li re		4	4	4	4	5	5	5		glatt	Basis D 11	
				3	3	4	5	5	5				
5.12.61	li re		3	4	4	4	5	5	5		glatt	Basis D 11	
			3	3	4	4	5	5	5				
23. 3.64	li re		3	5	4	4	5	5	3		glatt	Basis D 11	
				4	3	4	5	5	5				
13. 1.65	li re		5	5	3	4	5	4	4		glatt	Basis D 11	
				3	4	4	5	5	5				

Die bei den übrigen Patienten dieser Gruppe vermessenen Begleitschatten der Wirbelsäule verhielten sich ähnlich.

In der Gruppe der 26 Patienten mit Metastasen in der Brustwirbelsäule fanden sich

in 17 Fällen ein links gelegener Begleitschatten

in 9 Fällen beiderseits gelegener Begleitschatten

Die folgende Tabelle zeigt die Länge der Begleitschatten (maximale am Patienten gefundene Länge)

Zahl der überspannten Wirbelkörper	Zahl der Fälle	
	rechts	links
3	2	1
4	1	3
5	5	3
6	-	3
7	1	7
8	-	6
9	-	3

Tabelle der Länge der Begleitschatten bei Patienten mit Brustwirbelsäulenmetastasen

Bei der Messung der Breite der Begleitschatten wurden Schattenbreiten von 3 bis 24 mm links und von 3 bis 14 mm auf der rechten Seite gemessen. Das Mittel war links 7 - 12 mm Breite und rechts um 8 mm.

Nach dem Verhalten des Begleitschattens ließen sich die Patienten dieser Gruppe in vier Untergruppen einteilen:

1. eine Gruppe von 4 Patienten mit uncharakteristischem Befund
2. eine Gruppe von 9 Patienten mit unverändertem Metastasierungsbefund und gleichbleibendem Begleitschatten
3. eine Gruppe von 4 Patienten mit charakteristischer Abnahme des Begleitschattens
4. eine Gruppe von 9 Patienten mit zunehmender Breite des Begleitschattens bei zunehmender Metastasierung in die Brustwirbelsäule.

Bei der Breitenzunahme des Begleitschattens in der letzten Gruppe handelt es sich nicht um isolierte Schwankungen der Breite des Begleitschattens an einzelnen Wirbeln, sondern um eine allgemeine Verbreiterung. Dies soll an folgendem Beispiel gezeigt werden.

T., Andreas geb.7.4.1911 Erkrankung: Plasmocytom											
Datum	Schattenlänge und Breite in mm										Kontur
		D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	
4.10.61	li		5	9	9	9	9	9	9		glatt
16.11.61	li		?8	11	13	12	11	9			glatt
4.12.61	li		x10	?11	?12	?13	?11	?10			glatt
16. 1.62	li		x10	x13	x16	15	x14	x12			glatt

x = Metastase

? = Metastasenverdacht

Besonders auffällig war in diesem Zusammenhang der Befund bei der Patientin K., Dora geb.am 9.8.1913. Neben einer allgemeinen Verbreiterung des Begleitschattens bei erneuter Metastasierung in die Wirbelsäule kam es 4 Monate, bevor eine Metastase in D VII gefunden werden konnte, bei D VI zu einer umschriebenen Auftreibung des Begleitschattens. Drei Monate später kam es zu einer weiteren Auftreibung bei D VII. Eine Metastasierung in D VII wurde erst auf einer Aufnahme 6 Wochen später erkannt. Auf dieser Aufnahme war der Begleitschatten jedoch nicht zu finden.

Es bestand der Verdacht, daß ein Zusammenhang zwischen dieser Erscheinung und dem Auftreten der Metastase bestehen könnte.

Es wurden daraufhin die übrigen Wirbelsäulenaufnahmen nach ähnlichen Erscheinungen untersucht.

Es fanden sich bei 11 weiteren Patienten derartige Formveränderungen des Schattens.

In 2 Fällen Auftreten zusammen mit einer Metastase.

In 3 Fällen zusammen mit einer Metastase und auf späteren Aufnahmen geschwunden.

In 3 Fällen passagères Auftreten ohne Beziehung zu einer Metastase.

In 2 Fällen Auftreten auf der letzten Aufnahme ohne Zusammenhang mit einer Metastase.

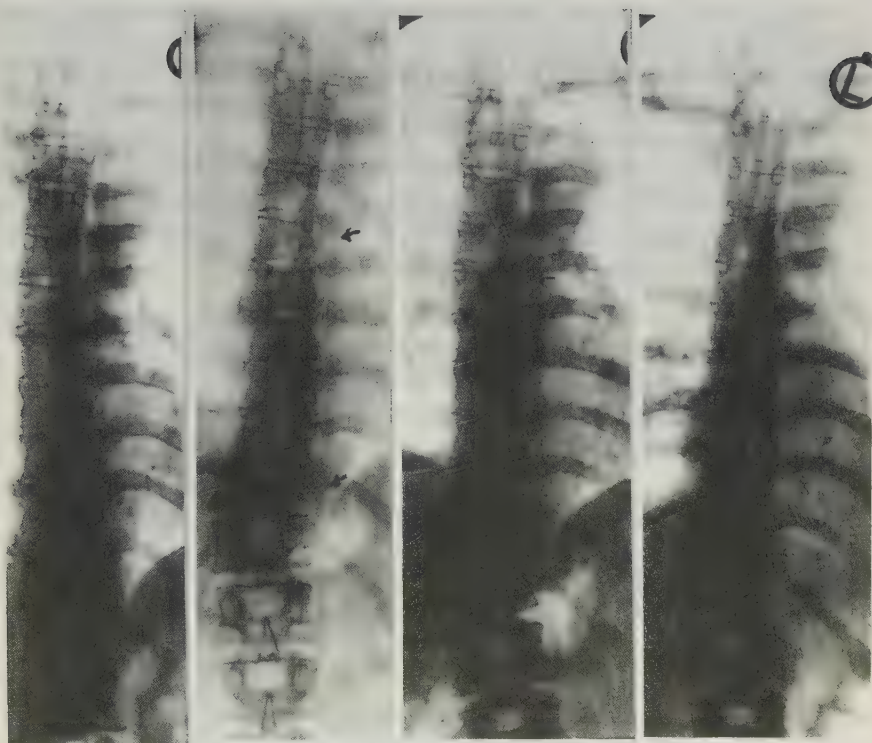
Zur Erläuterung werden im folgenden Befunde und Reproduktionen von einigen Röntgenbildern der obengenannten Patientin angeführt.

Frau K., Dora, geb. am 9.8.1913, erkrankte 1961 an einem Mammacarcinom der rechten Seite. Nach einer Ablatio mammae erfolgte eine Röntgenbestrahlung mit 3200 R Oberflächendosis über 2 Tangentialfeldern und 1 Supraclavicularfeld. Zusätzlich wurde noch eine Menolysis mit ca. 460 R je Ovar durchgeführt. Da auf Grund der Laborbefunde ein Verdacht auf Metastasierung bestand, wurden gleichzeitig 250 mg Depot-Testoviron alle 14 Tage gegeben. Diese Dosis wurde später auf 250 mg alle drei Wochen und dann alle vier Wochen herabgesetzt. Im August 1962 wurde die Testovironbehandlung beendet.

Im September 1963 fand man eine Halslymphknotenmetastase auf der rechten Seite, die mit 4500 R schneller Elektronen behandelt wurde, sowie osteolytische Metastasierung in den 11. Brustwirbelkörper, die mit dem Gammatron mit 2500 R Herddosis bestrahlt wurde. Daneben erfolgte eine Behandlung mit Tanderil, Eisen, Bluttransfusion, sowie mit 250 mg Depot-Testoviron vierzehntäglich.

Die Patientin verstarb am 17.8.1964, nachdem sich in der Folgezeit multiple Rippenmetastasen, Tumorrezidive in der Operationsnarbe und osteolytische Metastasen der Wirbelkörper C V, L IV und D VII entwickelt hatten.

Die folgenden Abbildungen 34 a - d und die anschließende Tabelle zeigen den Verlauf der Erkrankung an der Wirbelsäule.



a) 9.5.1961 b) 10.3.1964 c) 4.6.1964 d) 14.7.1964

Abb. 34 a - d

Brustwirbelsäulenaufnahmen der Patientin K., Dora

→ = Vorwölbung der Schattenkontur; o→ = Metastase

zu a)

Die im Mai 1961 angefertigte Röntgenaufnahme (a) der Brustwirbelsäule zeigt keinen Anhalt für Metastasen. Der Begleitschatten ist glatt und unauffällig.

Am 15.1.1964 findet man eine metastatisch bedingte Sinterung von D XI. Bis auf eine Vorwölbung über dem gesinteren Wirbel ist der Begleitschatten glatt und unauffällig (Die Aufnahme ist wegen technischer Mängel hier nicht mit aufgeführt).

zu b)

Am 10.3.1964 ist der Befund unverändert bis auf eine Vorwölbung des Begleitschattens über D VI. Metastasen sind in den abgebildeten Wirbeln nicht zu erkennen.

zu c)

Am 4.6.1964 findet sich neben der eben beschriebenen Vorwölbung des Begleitschattens eine weitere über D VII. Der übrige Verlauf des Begleitschattens ist unverändert. Seine Kontur ist scharf gezeichnet.

zu d)

Einen Monat später, am 14.7.1964, erkennt man auf der Wirbelsäulenaufnahme eine Metastase im Wirbelkörper D VII, jedoch ist der Begleitschatten der Brustwirbelsäule auf dieser Aufnahme nicht mehr zu finden.

Neben den Veränderungen der Randkontur fällt eine zunehmende Verbreiterung des Begleitschattens auf, die sich aus der nachfolgenden Zusammenstellung ablesen läßt, und zu der Entwicklung des malignen Prozesses parallel zu laufen scheint.

K., Dora, geb.9.8.1913 Erkrankung: Mammacarcinom											
Datum	Schattenlänge und Breite in mm										Kontur
		D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	
9.5.61	li		10	12	13	11	8	6	5	5	glatt
31.5.61	li		10	14	14	12	9	6	6	5	glatt
15.1.64	li				15	12	9	8	9	x	glatt
10.3.64	li				(14)	12	9	8	8	11x	glatt bis D7
4.6.64	li				(15)	(16)	12	8	9	12x	glatt bis D8
14.7.64	li					x				x	-----

x = Metastase () = Vorwölbung des Begleitschattens

Ein Schwinden des Begleitschattens konnte auch noch in einem weiteren Fall beobachtet werden.

Daneben fand sich bei einer Patientin, die außerhalb des hier beobachteten Personenkreises stand, ein Begleitschatten, der nicht wie die übrigen beobachteten neben der Brustwirbelsäule verlief, sondern von den mächtig entwickelten spondylotischen Randzacken der Wirbelkörper überlagert erschien. Der Begleitschatten wird also offenbar wohl durch die Randzacken nach außen gedrückt.



Abb. 35

Brustwirbelsäule einer 65jährigen Patientin.

Der linke Begleitschatten ist unauffällig.

Bei D6, D7, D8 und D9 Überlagerung des rechten Begleitschattens durch die spondylotischen Ausziehungen der Wirbel. →

Bei D6, D7 und D8 findet man einen schmalen begleitenden Schatten → der Ausziehungen der Wirbel, der in den Begleitschatten hineinläuft.

Diese beiden Beobachtungen, plötzliches Schwinden des Begleitschattens, nachdem er über längere Zeit auf einer Reihe von aufeinander folgenden Aufnahmen gefunden werden konnte, und die Beobachtung eines Begleitschattens, der die Wirbelkörper schneidet, lassen sich mit den oben angeführten Deutungen der Entstehung des Begleitschattens im Röntgenbild der Brustwirbelsäule nicht befriedigend erklären.

Wurde der Begleitschatten durch paravertebrales Gewebe und Pleura paravertebralis hervorgerufen, so ließe sich zwar eine Verbreiterung des Schattens durch tumorös bedingte Veränderungen im paravertebralen Raum erklären, nicht je-

doch ein völliges Schwinden des Schattens innerhalb kurzer Zeit; besonders dann nicht, wenn man wie RESKE Veränderungen der Pleura und des subpleuralen Gewebes im Gefolge von Entzündungen als Entstehungsursache des Begleitschattens annimmt.

Daneben kann auch ein paravertebral gelegenes Gewebe kaum einen Begleitschatten hervorrufen, der wie in Abb.35 die Randzacken der Wirbelkörper schneidet. Daß es sich bei dem schattengebenden Substrat, das den Begleitschatten auf dieser Aufnahme erzeugt hat, tatsächlich nicht um ein paravertebral gelegenes Gewebe handelt, läßt sich auch daraus erkennen, daß die Randzacken der Wirbelkörper einen eigenen etwa 2 mm breiten begleitenden Schatten aufweisen, der bis in den Begleitschatten verfolgbar ist.

Diese Überlegungen waren der Anlaß zu den folgenden Untersuchungen.

6.4. Experimentelle Untersuchungen

Um festzustellen, ob tatsächlich, wie von RESKE angegeben, das paravertebrale Gewebe allein den Begleitschatten der Brustwirbelsäule erzeugt, wurden an verschiedenen Patienten folgende Untersuchungen vorgenommen.

1. Aufnahme der Brustwirbelsäule im posteroanterioren und anteroposterioren Strahlengang, mit dem Zentralstrahl genau über der Brustwirbelsäule, mit dem Zentralstrahl um 7 cm nach rechts verschoben und mit dem Zentralstrahl um 7 cm nach links verschoben.
2. Schichtaufnahmen der Brustwirbelsäule, bei denen Platte und Röntgenröhre quer zur Längsachse des Patienten pendelten und Vergleich der Aufnahmen mit AP-Wirbelsäulenaufnahmen des gleichen Patienten, um zu prüfen, ob tatsächlich das paravertebrale Gewebe der Anlaß zur Abbildung des Schattenstreifens wäre.

3. In der Annahme, daß auch die Vena azygos und die Vena hemiazygos durch ihre Lage den Begleitschatten der Brustwirbelsäule erzeugen könnten, wurde die transossale Venographie zur Darstellung der Gefäße durchgeführt, da wie in Abschnitt 5.3.2. begründet, angenommen werden durfte, daß auch unterschiedliche Lage und Füllungszustand der beiden Gefäße eine der Ursachen für das unterschiedliche Verhalten des Begleitschattens der Brustwirbelsäule sein kann.

Der Ductus Thoracicus, dessen Verlauf zunächst bei der Untersuchung der Entstehungsursachen des Begleitschattens auch von Bedeutung zu sein schien, muß jedoch bei näherer Betrachtung seiner Topographie als Ursache auch eines Teils des Begleitschattens ausgeschlossen werden.

6.4.1. Untersuchung von PA- und AP-Aufnahmen der Brustwirbelsäule

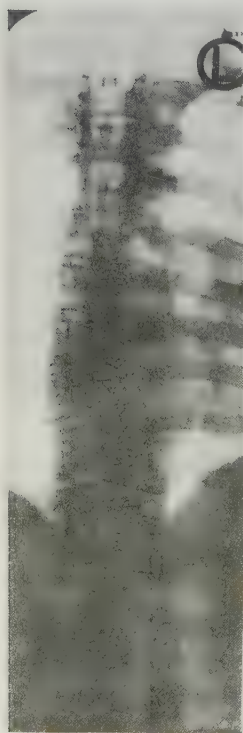
Bei 4 Patienten wurden AP- und PA-Aufnahmen im Liegen und Stehen angefertigt, um festzustellen, ob es sich bei dem schattengebenden Substrat tatsächlich um paravertebrales Gewebe handelt, wie es von RESKE und SARROUY angenommen wird. Nur wäre dem so, dann müßte das Verhältnis der Schattenbreite zur Wirbelbreite unabhängig von der Art der Darstellung sein. Die Aufnahmen der drei folgenden Fälle zeigen, daß diese Annahme nicht zutrifft. Das Verhältnis der Schattenbreite zur Wirbelbreite war abhängig von der Art der Lagerung.

Die größte Schattenbreite fand sich auf den AP-Aufnahmen, die von den in Rückenlage liegenden Patienten aufgenommen waren.

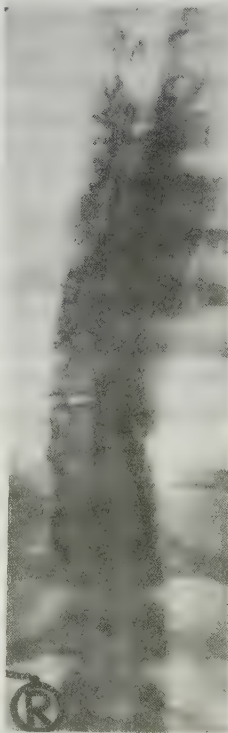
Die nächstgrößte Schattenbreite fand sich auf den AP-Aufnahmen, die am stehenden Probanden aufgenommen waren.

Die geringste Schattenbreite fand sich auf den PA-Aufnahmen der in Bauchlage liegenden Probanden.

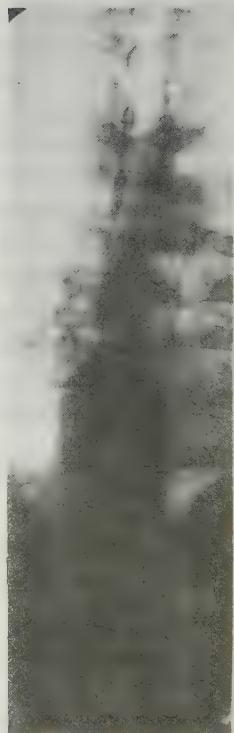
Abb. 36 Sch., Karl, 40 Jahre



Strahlengang AP
in Rückenlage



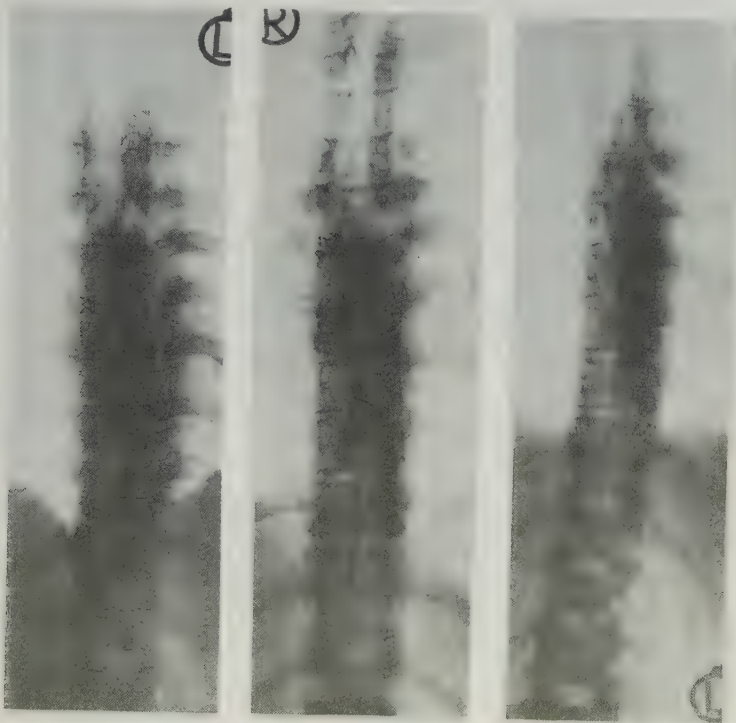
Strahlengang PA
in Bauchlage



Strahlengang AP
im Stehen

		D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
AP 1.	Wirbelbreite	30	32	31	32	35	36	36	40	48
	Schattenbreite	15	10	13	14	14	13	13	8	-
	Schattenbr.in%	50	31,2	41,9	43,8	40,0	36,2	36,2	20	-
PA 1.	Wirbelbreite	-	-	-	-	36	38	39	42	46
	Schattenbreite	-	-	-	-	8	8	9	8	-
	Schattenbr.in%	-	-	-	-	22,2	21,1	23,1	19,1	-
AP s.	Wirbelbreite	33	36	36	37	39	40	40	44	48
	Schattenbreite	8	3	6	8	6	8	9	6	-
	Schattenbr.in%	24,2	8,4	16,7	21,6	15,4	20,0	22,5	13,6	-

Abb.37 Sch., Peter-Helmut, 24 Jahre



Strahlengang AP
in Rückenlage

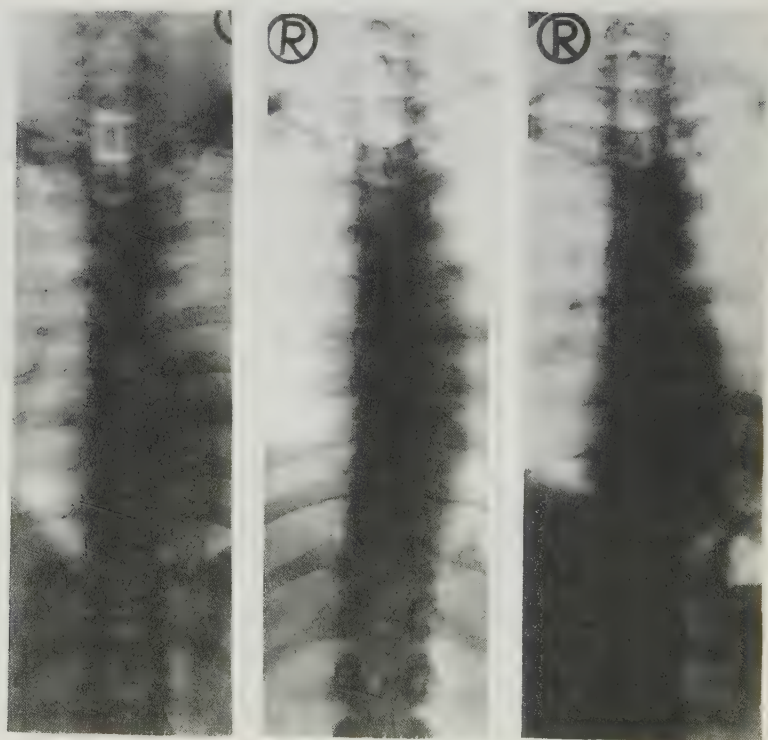
Strahlengang PA
in Bauchlage

Strahlengang AP
im Stehen

		D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
AP 1.	Wirbelbreite	34	32	32	32	35	37	38
	Schattenbreite	15	19	20	16	10	9	7
	Schattenbr.in%	44,2	59,3	62,5	50	28,6	24,3	18,2
PA 1.	Wirbelbreite	+	+	+	39	40	43	43
	Schattenbreite	+	+	+	5	4	5	6
	Schattenbr.in%				12,8	10,0	11,6	14,9
AP s.	Wirbelbreite	+	+	+	+	35	37	37
	Schattenbreite	+	+	+	+	4	5	5
	Schattenbr.in%					11,5	13,5	13,5

Bei + war eine Bestimmung wegen unscharfer Abbildung
nicht möglich.

Abb. 38 F., Maria, 44 Jahre



Strahlengang AP
in Rückenlage

Strahlengang PA
in Bauchlage

Strahlengang AP
im Stehen

		D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
AP l.	Wirbelbreite	27	28	28	30	32	33	36	40	44
	Schattenbreite	10	10	12	12	13	13	12	-	-
	Schattenbr.in%	37,2	35,7	37,2	34,7	33,1	32,1	28,8	-	-
PA l.	Wirbelbreite	+	+	+	+	34	36	40	43	45
	Schattenbreite	-	-	-	-	5	5	6	5	-
	Schattenbr.in%	-	-	-	-	14,7	13,9	15,0	11,6	-
AP s.	Wirbelbreite	27	28	28	29	30	32	35	40	43
	Schattenbreite	8	8	8	9	10	11	11	9	-
	Schattenbr.in%	29,7	28,6	28,6	31,0	33,3	34,4	31,4	22,5	-

Bei + war eine Bestimmung wegen unscharfer Abbildung nicht möglich.

Die Aufnahmen der Brustwirbelsäule, die mit seitwärts verschobenem Zentralstrahl und unter Verwendung einer Buckyblende aufgenommen waren, ergaben keinen brauchbaren Befund, da durch schrägen Einfall der Zentralstrahlen auf der Buckyblende diese sich störend mit abbildete. Immerhin war festzustellen, daß auch bei stärkerem schrägen Einfall des Zentralstrahls der Begleitschatten bestehen blieb.

In den Tabellen zu den obenstehenden Abbildungen 36,37,38 werden Wirbel- und Schattenbreite in mm angegeben (auf den Aufnahmen gemessen); dazu noch die Schattenbreite in Prozent der Wirbelbreite, um einen Vergleich der Schattenbreiten unabhängig von den projektionsbedingten Abbildungsunterschieden zu ermöglichen.

6.4.2. Schichtaufnahmen der Brustwirbelsäule

Da mit den AP- und PA-Aufnahmen der Brustwirbelsäule keine ausreichende Antwort auf die Frage, ob der Begleitschatten der Brustwirbelsäule durch paravertebrales Gewebe bewirkt würde, zu erhalten war, wurden Thoraxschichtaufnahmen vorgenommen. Dabei ergab sich, daß keine klaren Abbildungen des paravertebralen Begleitschattens zu erreichen waren, wenn die Röntgenröhre und Film parallel zur Längsachse des Patienten verschoben wurden. Eine klare Abbildung wurde nur dann erhalten, wenn sich Film und Röhre quer zur Längsachse des Patienten verschoben.

Nachstehend folgen Schichtaufnahmen einer 50jährigen Patientin, die nach der zuletzt beschriebenen Methode aufgenommen wurden, sowie die dazugehörige AP-Brustwirbelsäulenaufnahme in Rückenlage und eine Thoraxübersicht (Abb.39 a-e).

Auf der Brustwirbelsäulenaufnahme der Abb.39 b findet man nur einen linksseitigen Begleitschatten der Wirbelsäule, der breitbasig an der Basis von DXI beginnt und cranial schmaler werdend, im Schatten der Basis von D IV verschwindet.

Auf der Schichtaufnahme in Tiefe von 6 cm (Abb.39c) zeigt sich ein breiter Schattenstreifen, der von D III an abwärts die Wirbelsäule begleitet.

Auf der Schichtaufnahme in 7 cm Tiefe (Abb.39d) setzt sich dieser Schatten in einem lateralwärts gerichteten Bogen in die Pleurakuppel fort. Auf der rechten Seite ist ein ebensolcher Bogen von D III in die Pleurakuppel ziehend zu erkennen.

In 9 cm Tiefe ist von beiden Verschattungen nichts mehr sichtbar (Abb. 94).

Der Begleitschatten war schmaler als der auf den Schichtaufnahmen gefundene Schatten und reichte weniger weit nach cranial, deshalb können beide Schattenbildungen nicht die gleiche Ursache haben.

Abb.39 a-e W., Elisabeth, 50 Jahre

Untersuchungen zur Bestimmung des Begleitschattens der Brustwirbelsäule

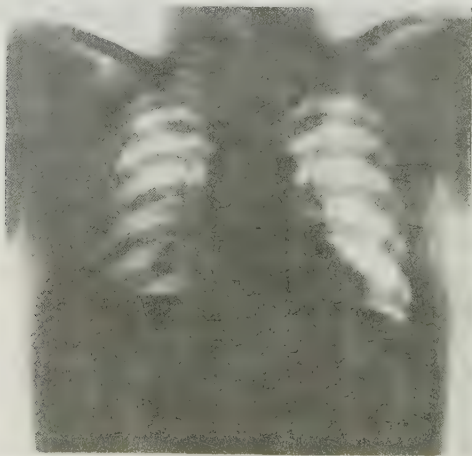


Abb. 39 a Thoraxübersichtaufnahme

Auf der Brustwirbelsäulenaufnahme Abb.39 b ein deutlicher Begleitschatten, lateral davon der Aortenschatten

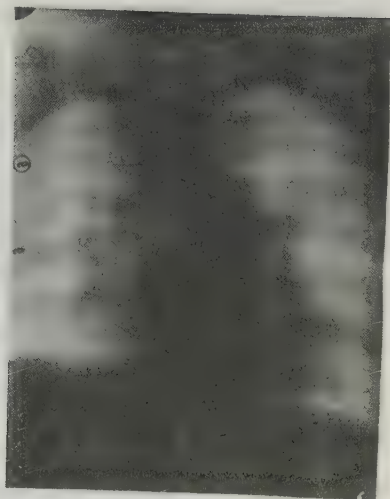


Abb.39c Thoraxschichtaufnahme
in 6 cm Tiefe

Abb.39b AP-Aufnahme der
Brustwirbelsäule im Liegen



Abb.39d Thoraxschicht-
aufnahme in 7 cm Tiefe



Abb.39e Thoraxschichtaufnahme
in 9 cm Tiefe

6.4.3. Venographische Untersuchungen

Da der Begleitschatten dieser Patientin schmaler und kürzer als der paravertebrale Schattenstreifen auf den Schichtaufnahmen war und sich auf den übrigen Schichtaufnahmen der Patientin nichts fand, was die Entstehung des Begleitschattens hätte erklären können, wurde in drei Fällen eine Kontrastdarstellung des Azygossystems durch transossale Phlebographie vorgenommen, in der Annahme, daß der Begleitschatten durch die Vena hemiazygos, die lateral der Brustwirbelsäule verläuft, hervorgerufen werden könnte.

Diese Methode der Darstellung des Azygossystems wurde erstmals 1952 von FISCHGOLD (16) und Mitarbeitern beschrieben.

Nach örtlicher Betäubung wurde mit einer Sternalpunktionsnadel die 9. linke Rippe etwa 10 cm neben der Wirbelsäule punktiert und ein Röntgenkontrastmittel in die Markhöhle instilliert.

Neben Knochenvenen der punktierten Rippe und zwei Inter-costalvenen findet man Teile der Vena hemiazygos, die Vena interazygos und den cranialen Teil der Vena azygos sowie den Begleitschatten auf der linken Seite der Brustwirbelsäule dargestellt.

Der Gefäßschatten der Vena hemiazygos verläuft zwar neben der Wirbelsäule, jedoch innerhalb des Begleitschattens, so daß er an der Ausbildung des Begleitschattens keinen unmittelbaren Anteil haben kann.

Der gleiche Befund fand sich bei zwei weiteren Patienten, die mit der gleichen Technik untersucht wurden. Es handelte sich bei allen drei Patienten um Patienten mit tumorösen Veränderungen in der linken Lunge.

Offenbar steht es damit im Zusammenhang, wenn sich die Vena hemiazygos nur kurz auffüllt.



Abb. 40 Transcostales Phlebogramm des Azygossystems
(Gleicher Fall wie Abb. 39 a - e)

Man darf vielleicht annehmen, daß sich durch den vorhandenen Tumor und die damit verbundene Änderung des venösen Abflusses die Verhältnisse so ändern, daß das Blut bzw. das Kontrastmittel eher über die Vena azygos abfließt.

7. Besprechung der Befunde

Bei der Betrachtung der Wirbelsäulenaufnahmen von Patienten der Strahlenklinik der Universität Marburg, die Tumormetastasen an der Brustwirbelsäule aufwiesen, ergaben sich Befunde, die sich mit den bisherigen Deutungen über die Entstehung des Begleitschattens der Brustwirbelsäule nicht in Einklang bringen lassen. Es fiel zunächst auf, daß der Begleitschatten in seiner Ausbildung nicht konstant ist. Bei zwei Fällen konnte das völlige Schwinden eines breiten Begleitschattens verfolgt werden. Schwankungen in der Schattenlänge bei ein und demselben Patienten fanden sich mehrfach. Da sich der Begleitschatten in seinen cranialen Partien schwächer abbildet, als in den caudalen, könnte zunächst angenommen werden, daß diese Schwankungen auf technischen Mängeln der Aufnahmen berufen. Nach dem Vergleich der Aufnahmen untereinander scheint diese Annahme jedoch nicht zuzutreffen. Es muß vielmehr eine Veränderung des Substrats, das diesen Schatten bewirkt, angenommen werden, da sich der Schatten unterschiedlich abbildet.

LACHMANN, der als einziger der oben genannten Autoren auf die unterschiedliche Abbildung des Schattens eingeht, führt das Schwinden des Schattens darauf zurück, daß sich die Pleura, die seiner Ansicht nach den Schatten hervorruft, wegen ihrer geringen Dichte nur dann abbildet, wenn sie vom tangentialen Strahlengang getroffen wird.

Das Verschwinden eines einmal sichtbaren Begleitschattens müßte dann entweder auf einer Medialverschiebung der Pleuragrenzen, auf einem anatomisch bedingten Ausweichen aus der orthograden Projektion oder auf einem röntgentechnisch bedingten Verlassen der orthograden Projektion beruhen (unterschiedliche Lagerung des Probanden oder unterschiedlicher Einfallswinkel des Zentralstrahls bzw. die Kombination beider Verhältnisse).

Konstanz der orthograden Projektion vorausgesetzt, spricht das Verschwinden des Begleitschattens eher gegen die Annahme von RESKE, daß eine entzündliche Pleurareaktion den

Begleitschatten bzw. dessen Verbreiterung hervorruft. Erstens müßte die Erkrankung dann außerordentlich häufig sein, was dem Kliniker bislang nicht bekannt ist, zweitens würde sie kaum so rasch abklingen oder, falls fixierte bzw. indurative Veränderungen unterstellt werden, überhaupt nicht verschwinden.

Weiterhin wurde bei einer Patientin ein Begleitschatten gefunden, der nicht wie sonst alle anderen beobachteten Schatten neben der Wirbelsäule verlief, oder über den Ausziehungen der Wirbelkörper ausgespannt erschien, sondern durch diese Ausziehungen hindurch zog. Dazu bestand ein zweiter begleitender Schatten von etwa 2 mm Breite, entlang der Außenkante der Wirbelkörper, der bis in den Begleitschatten hinein verfolgt werden konnte (Abb.35).

Dieser Befund spricht ebenfalls gegen eine Entstehung des Begleitschattens aus fixiertem paravertebralem Gewebe.

Um diese Fragen weiter abzuklären, wurden Thoraxschichtaufnahme mit Brustwirbelsäulenaufnahmen des gleichen Patienten verglichen. Dabei ergab sich, daß der Begleitschatten auf der Brustwirbelsäulenaufnahme kürzer und vor allem auch schmaler war, als der paravertebrale Schatten, wie er sich auf der Schichtaufnahme neben der Wirbelsäule abbildete. Auch aus Schichtaufnahmen ließ sich nicht auf ein bestimmtes Substrat schließen, das für die Entstehung des Begleitschattens in Frage kommen kann.

Dagegen schien der Verlauf des Azygossystems eine Erklärung für das unterschiedliche Verhalten des Begleitschattens zu bieten. Die unterschiedliche Darstellung und die unterschiedlichen Ausprägungen des Begleitschattens ließen sich mit unterschiedlichen Füllungszuständen bzw. Formvariationen dieses Gefäßsystems erklären. Es wurde deshalb bei mehreren Patienten das Azygossystem durch transossale Phlebographie dargestellt. Dabei zeigte sich, daß die Vena hemiazygos innerhalb des Begleitschattens verläuft und deshalb nicht, oder zumindest nicht zum überwiegenden Teil, für die Entstehung des Begleitschattens verantwortlich sein

kann. An der Ausprägung der Breite des Begleitschattens könnte jedoch die Blutfüllung der Vena hemiazygos und ihrer Zuflüsse beteiligt sein.

Für den rechtsseitigen Begleitschatten kommt die Vena Azygos dagegen nicht in Betracht, da diese in dem in Frage kommenden Abschnitt vor der Wirbelsäule verläuft und nicht randbildend ist. Soweit dem Schrifttum zu entnehmen ist, wurden die Aufnahmen der bislang veröffentlichten Befunde sämtlich an Probanden in Rückenlage angefertigt. Es wurde deshalb schließlich geprüft, ob die Lagerung des Probanden einen Einfluß auf die Darstellung des Begleitschattens hat.

Es wurden dazu Wirbelsäulenaufnahmen in Bauchlage, in Rückenlage und im Stehen gemacht. Tatsächlich ergab sich dabei eine starke Abhängigkeit der Länge und der Breite des Begleitschattens von der Lage des Patienten. Die längsten und breitesten Begleitschatten fanden sich bei Aufnahme in Rückenlage; die schmalsten und kürzesten Schatten dagegen in Bauchlage.

Diese Veränderungen des Begleitschattens waren unabhängig von den projektionsbedingten Verzeichnungen bei den verschiedenen Lagen des Patienten.

Dieser Wechsel in der Gestalt des Begleitschattens fand innerhalb weniger Minuten während der Umlagerung des Patienten statt.

Für diese Veränderungen bieten sich folgende Erklärungen an:

1. Bei der Umlagerung des Patienten kommt es zu einer Verlagerung der Thoraxorgane und damit auch zu einer Verlagerung und Formveränderung des schattengebenden Substrats.

Da Ödeme der paravertebralen Gewebe bei einer Umlagerung sich nicht so schnell, indurative Veränderungen sich gar nicht verändern können, würde es am meisten einleuchten, wenn es die orthograd getroffene Pleura wäre, welche bei der Umlagerung des Probanden infolge des Zuges des Herzens und der übrigen Mediastinalorgane in eine andere

Position gebracht wird und somit eine Veränderung in der Länge und Breite des Begleitschattens bewirkt.

2. Die Lageabhängigkeit der Ausprägung des Begleitschattens ist bedingt durch einen unterschiedlichen Füllungszustand der Gefäße, besonders der Venen, im paravertebralen Gewebe und im Azygossystem. Auch der Füllungszustand der vertebrealen und paravertebralen Plexus wird sich den Veränderungen des hydrostatischen Druckes anpassen, und möglicherweise ist der Gesamtquerschnitt der venösen Plexus in Rückenlage größer als in Bauchlage.

3. Eine Kombination dieser beiden Erklärungsversuche

Tatsächlich aber dürfte beim Wechsel von der Rückenlage in die Bauchlage eine Kombination dieser beiden Möglichkeiten 1 und 2 auftreten, daß also in Rückenlage Mediastinum und Lungen etwas doralswärts sinken und zugleich die intravasale Blutfüllung sich so ändert, daß eine Vergrößerung des Querschnitts der vertebrealen Plexus auftritt, woraus sich ein breiter Begleitschatten ergibt, daß dagegen in Bauchlage Mediastinum und Lungen nach vorne ziehen, dadurch zugleich die Pleuragrenzen verziehen und sich die venösen Plexus etwas entleeren, wodurch der Begleitschatten nicht nur optisch, sondern tatsächlich schmaler wird.

Gegen eine maßgebliche Beteiligung des Lymphsystems an diesen Vorgängen spricht der rasche Formwechsel.

Flüssigkeitsansammlungen in der Pleurahöhle, die durch ihre rasche Verschieblichkeit ebenfalls diese Veränderungen des Begleitschattens erklären könnten, sind dagegen unwahrscheinlich, weil der Begleitschatten auch bei völlig Gesunden beobachtet werden kann, weil die Flüssigkeitsmenge in der Pleurahöhle des Gesunden, wie es die Untersuchungen von YAMADA (48) und SCHNEIDER (42) gezeigt haben, nur wenige ml beträgt, und weil schließlich der Begleitschatten bei einer Skoliose der Brustwirbelsäule die Konkavität der Skoliose meist wie eine Sehne überspannt.

Auf Grund der Befunde kann festgestellt werden, daß

1. der Begleitschatten des Gesunden über eine längere Zeit eine nahezu konstante Breite hat,
2. der Begleitschatten mit der Entwicklung maligner Prozesse im Bereich der Brustwirbelsäule an Breite zunehmen kann; bei 9 Fällen mit Wirbelsäulenmetastasen ließ sich das in jedem Fall beobachten.
3. Da die Breite des Begleitschattens schon zunimmt, bevor metastatische Destruktionen an den Wirbeln nachweisbar werden, ist eine auffällige Verbreiterung des Begleitschattens bei entsprechenden klinischen Befunden und Beschwerden suspekt und diagnostisch verwertbar.
4. Die Abbildung des Begleitschattens ist lageabhängig. In Rückenlage findet sich die stärkste, in Bauchlage die schwächste Ausbildung des Begleitschattens.
5. Die Annahme, daß der Begleitschatten nur durch die Abbildung des paravertebralen Gewebes bzw. der Pleura hervorgerufen wird, erscheint zu einseitig, denn es muß auf Grund der eigenen Untersuchungen angenommen werden, daß bei der Ausbildung des Begleitschattens der Füllungszustand des Gefäßsystems im paravertebralen Raum und die Lagerung der Organe im Mediastinum ebenfalls von Bedeutung sind.
6. Mit den bisher bestehenden Erklärungen lassen sich nicht alle Befunde zufriedenstellung erklären. Es müßte deshalb noch einmal versucht werden, durch Präparation unter Röntgenkontrolle, unter besonderer Beachtung der venösen Versorgung des paravertebralen Gewebes und des hinteren Mediastinums und der Verlagerung des Mediastinums bei den verschiedenen Lagen des Körpers die Entstehung des Begleitschattens im Röntgenbild der Brustwirbelsäule zu klären.

Eine völlig gesicherte Erklärung für die Entstehung des Begleitschattens der Brustwirbelsäule konnte mit den gegebenen Mitteln nicht erreicht werden. Doch geben wir früheren Deutungen den Vorzug, wonach - bei gerader

Haltung der Wirbelsäule - im wesentlichen die orthograde Projektion der Pleura, vor allem in ihrem prae- oder paravertebralen Abschnitten den Außenrand des Begleitschattens bildet. Dabei hängt die Stellung der orthograd getroffenen Pleura sowohl vom Zustand und der Lage des Mediastinums, der Lungen, des Pleuraraumes ab. Wir möchten die Ansicht hinzufügen, daß auch die Füllung der paravertebralen Gefäße, besonders auch der venösen Plexus, Form und Breite des Begleitschattens beeinflußt, und daß die verschiedenartigsten pathologischen Veränderungen der Brustwirbelsäule über eine Veränderung der Füllung der venösen Plexus den Begleitschatten verändern können.

8. Zusammenfassung

1. Auf Röntgenaufnahmen ist in der Mehrzahl der Fälle ein sogenannter paravertebraler Weichteilschatten der Brustwirbelsäule sichtbar. Im Durchschnitt findet man ihn im Erwachsenenalter bei 83 % der Männer und 80 % der Frauen. Bevorzugt ist der linksseitige Schatten, der in 83,3 % der Fälle auftritt und in der Mehrzahl der Fälle vom Zwerchfell bis zum 3. bzw. 4. Brustwirbelkörper reicht. Es folgen beidseitige Schatten in 15,4 % der Fälle, und in 4,3 % der Fälle isolierte rechtsseitige Schatten; bevorzugt sind Schatten, die vom Zwerchfell ausgehend, bis zu 4 Rippen überspannen (nach SCHÜLING(44)).
2. Bei dem paravertebralen Weichteilschatten handelt es sich um zwei scharf begrenzte Schattenstreifen, die auf AP-Aufnahmen beidseits der Brustwirbelsäule zu erkennen sind, und vom Zwerchfell aus nach cranial ziehen. Häufig findet man noch eine Fortsetzung nach caudal. Dieses ist jedoch eine optische Täuschung, hervorgerufen durch die crura intermedia des Zwerchfells (nach BARSONY (4)).
3. Die Röntgensymptomatik des Begleitschattens wird anhand von Brustwirbelsäulenaufnahmen von 613 Patienten der Universitätsstrahlenklinik Marburg analysiert. Da es jedoch Normwerte des Begleitschattens der Brustwirbelsäule nicht gibt, kamen zu der Klärung der Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Metastasen in der Brustwirbelsäule und einer Veränderung des Begleitschattens bestünde, nur solche Patienten in Frage, von denen zwei und mehr in einem größeren zeitlichen Abstand angefertigte Wirbelsäulenaufnahmen vorlagen. Dadurch verblieben nur 37 an bösartigen Geschwülsten erkrankte Patienten zur Untersuchung.
4. Bei 9 Patienten mit späteren Tumormetastasen in der Brustwirbelsäule ging eine Verbreiterung des Begleitschattens zeitlich dem Sichtbarwerden der Metastasen

im Röntgenbild voraus. Er wird nicht nur allgemein breiter, sondern man findet zuerst häufig eine Konturvorböschung am Orte der später nachweisbaren Metastase. Ein derart auffälliger Begleitschatten darf daher unter Umständen als verdächtiges röntgenologisches Frühzeichen gelten.

5. Die langfristige Kontrolle ergab, daß auch bei Metastase in der Brustwirbelsäule der vorher auffällige Begleitschatten plötzlich verschwunden sein kann, ohne daß das mit einer Änderung der röntgenologischen Aufnahmebedingungen zu erklären wäre. Ob das auf eine inzwischen erfolgte Röntgenbestrahlung der Metastase zurückzuführen ist, bleibt vorerst ungeklärt.
6. Die Meinungen über das Substrat, welches dem Begleitschatten zugrunde liegt, sind bislang geteilt. Von der einen Seite wird angenommen, daß es sich um orthograd getroffene Anteile des Mediastinums und dessen Pleuragrenzen handele, von anderer Seite wird dagegen erklärt, daß er durch kleine Pleuraergüsse und subpleurale entzündliche Veränderungen zustande käme.
7. Es werden eingehend die bislang vorliegenden Befunde und Deutungen sowie die Topographie der Brustwirbelsäule und ihrer Umgebung besprochen, und einige bisher unbeachtet gebliebene Substrate, wie u.a. die Vena azygos und Vena hemiazygos, der Ductus thoracicus und die paravertebralen Plexus daraufhin untersucht, ob sie an der Bildung derartiger Begleitschatten beteiligt sein könnten. Als Untersuchungsmöglichkeiten bewährten sich die transcostale Phlebographie und Schichtaufnahmen des Mediastinums und der Brustwirbelsäule mit einer Röhren-Filmverschiebung quer zur Längsachse des Patienten.
8. Das Substrat des Begleitschattens liegt demnach bei normaler Haltung der Brustwirbelsäule dicht praevertebral bzw. paravertebral. Weiterhin ist geklärt worden, daß weder die Vena azygos oder hemiazygos noch der Ductus thoracicus die Außenkontur des Begleitschattens bilden.

9. Es wurde dagegen festgestellt, daß Form, Breite und Ausdehnung des Begleitschattens von der Haltung des Patienten abhängig sind, indem der Schatten - nicht allein durch die röntgenologischen Projektionsverhältnisse - in Rückenlage breiter ist als in Bauchlage.
10. Das spricht gegen die Annahme, wonach entzündliche Prozesse subpleural neben der Wirbelsäule gelegen, das gesuchte Substrat bilden. Gegen die Deutung, daß der Begleitschatten Ausdruck kleiner Pleuraergüsse sei, spricht vor allem auch die Tatsache, daß er in der Mehrzahl der Wirbelsäulenaufnahmen gesehen wird. Eine so große Häufigkeit derartiger Erkrankungen ist wenig wahrscheinlich und dem Kliniker nicht bekannt.
11. Auf Grund der eigenen Untersuchungen und Analyse dürfte die Meinung den Tatsachen am nächsten kommen, wonach der Begleitschatten durch die orthograd getroffene Mediastinalwand im prae- und paravertebralen Abschnitt hervorgerufen wird. Da das Mediastinum und die Lungen bei Bauchlage des Patienten nach vorn, und bei Rückenlage nach hinten sinken, verziehen sich auch die Mediastinalkonturen und somit ändert sich der Begleitschatten.
12. Als ein zusätzlich den Begleitschatten formender Umstand wird die in Bauchlage und in Rückenlage unterschiedliche Füllung der paravertebralen Plexus betrachtet. Da die Füllung dieser Plexus, wie für mehrere krankhafte Veränderungen an der Wirbelsäule bereits bekannt ist, unterschiedlich ist, darf angenommen werden, daß u.a. auch Metastasen in der Brustwirbelsäule Änderungen im Füllungszustand der Venenplexus bewirken, die zusammen mit der veränderten Gewebsdurchsättigung, zur Verbreiterung des paravertebralen Begleitschattens beitragen. Eine Objektivierung dieser Annahme ist vielleicht von der postmortalen Phlebographie der vertebra- und paravertebralen Plexus möglich.

9. Schrifttum

- 1 Abrams, H. "Angiography" Vol. I, Little Brown & Company
Boston Mass. 1964, S. 182
- 2 Anderson, R. "Diodrast Studies of the vertebral and
cranial venous system to show their probable
rôle in the cerebral metastases", J. Neuro-
surg. 8 1951 S. 411 ff.
- 3 Bachmann, A., Ackermann, W., Macken, K. "Azygography, its
value in mediastinal adenopathy and tumors",
Annals. of Surgery 153 1961, S. 344 ff.
- 4 Bársony, Th. und Koppenstein, E. "Die pars lumbalis im
Röntgenbild". Zwerchfellstudien 2 Rö. Praxis 5
1933, S. 500
- 5 Batson, O. "The function of the vertebral veins and
their rôle in the spread of metastases",
Annals of Surgery 112 1940, S. 138 ff.
- 6 Batson, O. "The rôle of the vertebral veins in meta-
static process", Annals of interne Medicine
16 1942, S. 38
- 7 Batson, O. "The vertebral vein system as a mechanism
for the spread of metastases", Am. J. Roentgenol.
48 1942, S. 715 ff.
- 8 Brechet, G. "Récherches anatomiques, physiologiques et
pathologiques sur le système veineux",
Paris 1832, zit. nach Batson
- 9 Clemens, H. "Die Venensysteme der menschlichen Wirbel-
säule", W. de Gruyter Verlag Berlin 1961
- 10 Clemens, H., Nöske, K. und Roll, D. "Die arterielle Ver-
sorgung der menschlichen Wirbelsäule und des
Rückenmarks", in: "Zur funktionellen Therapie
der Wirbelsäule" von K. H. Heine Verlag für
praktische Medizin Berlin 1957, S. 13 ff.
- 11 Coman, D. and De Long, R. "The rôle of vertebral veinous
system in metastasis of cancer to spinal column"
Experiments with tumor cell suspensions in
rats and rabbits, Cancer 4 May 1951, S. 610 ff.

- 12 Dalton, C. and Schwartz, S. "Evaluations of the paraspinal line in röntgenexamination of the thorax", Radiology 66 1948, S.646 ff.
- 13 Franklin, Kenneth J. "A Monography on Veins", Charles C. Thomas Springfield 1937, p.77, zit. Batson
- 14 Fanconi, G. "Zur Diagnostik der Pleuritis mediastinalis fibrosa im Kindesalter". Die pleuritischen Mediastinalstreifen, Röntgen Praxis 3 1931, S.49 ff.
- 15 Fischgold, H., Adan, H., Ecoiffier, J. et Piequet, J. "Opacification des plexus rachidiens et des veins azygos par voie osseuse", J. Radiol. et Electrol. 33 1952, S.37 ff.
- 16 Fischgold, H., Clément, J., Talairach, J. et Ecoiffier, J. "Opacification des systèmes veineux rachidiens et cranieux par la voie osseuse", Presse médicale 60 1952, S.595 ff.
- 17 Fleischner, F. "Die lamelläre Pleuritis" Ref. Zentralblatt für die gesamte Radiologie Bd.3 1927, S.757
- 18 Fleischner, H. "Die Grenzen des Normalen und Pathologischen im Lungenröntgenbild", Röntgenpraxis 1931 Bd.3, S.913
- 19 Fleischner, F. "Über das verschiedene Verhalten der visceralen und parietalen Pleura bei Pleuritis und Pneumothorax", Wiener Klinische Wochenschrift 1933, H.II, S.1486
- 20 Göttche, O. "Die Pertussislunge und ihr Röntgenbild", Monatsschrift für Kinderheilkunde 44 1929, S.457 ff.
- 21 Güntz, E. "Schmerzen und Leitungsstörungen bei Erkrankungen der Wirbelsäule", F. Enke Stuttgart 1937, zit. Reske
- 22 Hasselwander "Die objektive Stereoskopie an Röntgenbildern", Verlag G. Thieme Stuttgart 1954
- 23 Heiß, R. "Über die hinteren Pleuragrenzen", Archiv für Anatomie und Physiologie anat. Abt. 19, S.130 f. zit. Lachmann

- 24 Herrnheiser, G. "Kostomediastinale Schwarten", Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen 3 1923, S.165 ff.
- 25 Jossifow, G.M. "Das Lymphgefäßsystem des Menschen mit Beschreibung der Adenoide und der Lymphbewegungsorgane", Übersetzung von J.W.Avtokratow Verlag G.Fischer Jena 1930
- 26 Kankleit, O. "Über die Bedeutung von streifenförmigen Schatten neben der Wirbelsäule", Münchner med. Wochenschrift LXV 1918, S.424
- 27 Kankleit, O. Nachtrag zu (26) Münchner med.W.schr. LXV, S.822
- 28 Kremer, A. und Wiese "Die Tuberkulose der Knochen und Gelenke", Verlag Springer Berlin 1930
zit. Reske
- 29 Köhler, A., Zimmer, E. "Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbilde des Skeletts", G.Thieme Verlag Stuttgart 1953, 9.Auflage
- 30 Lachmann, E. A comparison of the posterior boundaries of lung and pleura, as demonstrated on the cadaver and roentgenogram of the living", Anat. Record. 83 1942, S.521 ff.
- 31 Lawrence, E.A. and Moore, D.B. "Study of importance of vertebral venous system in metastasis of neoplasms as demonstrated by transplantable rabbit carcinoma", S.Forum 1952, S.269 ff.
zit. Clemens
- 32 Lessmann, F., Schobinger von Schowing, E. and Lasser, E. Acta Radiologica Bd.44 1955, S.397
- 33 Liechti, A. "Die Röntgendiagnostik der Wirbelsäule", Springer Verlag Wien 1948
- 34 Pernkopf, E. "Topographische Anatomie des Menschen" I Urban und Schwarzenberg Berlin und Wien 1943
zit. Reske
- 35 Petrow, N.N. "Cancer" A general Guide to Research and its Treatment, Translated by A.P.Fletcher, Pergamon Press 1962

- 36 Pitzen,P. "Die Diagnose der beginnenden Knochen- und Gelenkstuberkulose", Verlag der ärztlichen Rundschau 1929, zit. Reske
- 37 Podkaminsky,N.A. "Röntgendiagnostik retrokardialer Schwarten", Fortschr.Röntgenstr.55 1937, S.174ff.
- 38 Rauber-Kopsch "Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen" I 16.Aufl. G.Thieme Leipzig 1940
- 39 Reske,W. "Der paravertebrale Weichteilschatten im Brustwirbelsäulenbereich, seine Ursache und Bedeutung", Zeitschr.f.Orthopädie und ihre Grenzgebiete 86 1955, S.489 ff.
- 40 Sarrouy,R. "La bande latérovertébrale" (Sa signification) J.radiol.électrol.29 1948, S.646 ff.
- 41 Schmorl,G. und Junghanns,H. "Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik" G.Thieme Verlag Stuttgart 1953, S.115
- 42 Schneider,W. "Über kleinste Pleuraergüsse", Das deutsche Gesundheitswesen, Berlin 1949, S.190 ff.
- 43 Schüling,L. "Über die Häufigkeit des Vorkommens von paravertebralen Weichteilschatten im Brustwirbelsäulenbereich", Dissertation Münster 1955
- 44 Süße,H.J. und Julitz,R. "Über den Lobus venae azygos und die Kontrastdarstellung der Vena azygos", Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen Bd.86 1957, S.314
- 45 Töndury,G. "Angewandte und topographische Anatomie", Verlag G.Thieme Stuttgart 1951
- 46 Walther,H.E. "Krebsmetastasen", Benno Schwabe & Co Basel 1948
- 47 Wechsler,Z. "Die pleuritischen Mediastinalstreifen im Kindesalter in ihrer klinischen Bedeutung", Fortschr.Röntgenstr. 44 1931, S.81 ff.
- 48 Yamada,Z. "Über die seröse Flüssigkeit in der Pleurahöhle gesunder Menschen", Zeitschrift für experimentelle Medizin, Berlin 1933 Bd.90, S.342 ff.

Lebenslauf

Am 14. 10. 1935 wurde ich in Potsdam als Sohn des Ingenieurs Martin von Kaehne und seiner Ehefrau Erna von Kaehne geb. von Rieben geboren.

Anfang 1936 kehrten meine Eltern mit mir nach Japan zurück. Im Herbst 1941 wurde ich an der deutschen Schule in Yokohama eingeschult, legte im Frühjahr 1946 an der deutschen Schule in Sengokuhara die Sextaprüfung ab und besuchte von September 1946 bis zum Februar 1947 die Sexta der deutschen Schule in Funatsu.

Nach unserer Deportation durch die amerikanische Besatzungsmacht besuchte ich vom Juli 1947 bis zum April 1952 die Oberrealschule in Bietigheim / Enz. Im April 1952 zogen wir nach Frankfurt a.M., wo ich bis zum Abitur, im März 1956, das Goethe Realgymnasium besuchte.

Im Sommersemester 1956 begann ich an der Johann Wolfgang Goethe Universität Chemie zu studieren, wechselte im Sommersemester 1960 zum Medizinstudium, und legte im März 1961 dort das Vorphysikum ab.

Seit dem Sommersemester 1961 studierte ich an der Philipps-Universität in Marburg, wo ich im Oktober 1962 das Physikum ablegte und im März 1966 mein Studium mit dem Medizinischen Staatsexamen abgeschlossen habe.

Meine akademischen Lehrer waren die
Herren Professoren und Dozenten:

in Frankfurt

Adorno, Dänzer, O^e Daniel, Frick, Giersberg, Haase,
Halbsgut, Hartmann, Müser, Ortmann, Ried, Royen, Sauer,
Stark, Sturmfels, Weinstock, Wieland, Winnacker.

in Marburg

Braun-Falco, Beckmann, Brück, Bücher, Exner, Gedigk,
Hamm, Hartmann, Hensel, Heuser, Hildebrandt, Hornung,
Huber, Jacob, Lang, Linneweh, Löhr, Lübbers, Mann,
Martini, Marx, du Mesnil de Rochemont, Neubauer,
Niessing, Overbeck, Petry, Rohen, Sauer, Schleyer,
Schmid, Schmitz, Schölmerich, Schwaiger, Siegert,
Sieß, Straub, Streicher, Süße, Würterle.

Beim Abschluß der vorliegenden Arbeit möchte ich all denen danken, die zu ihrem Gelingen beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. H. J. Süße für die Überlassung des Themas und die großzügige Hilfe bei der Ausführung, sowie Herrn Professor Dr. du Mesnil de Rochemont, der mir die Verwertung der Krankenunterlagen der Klinik gestattete.

